

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

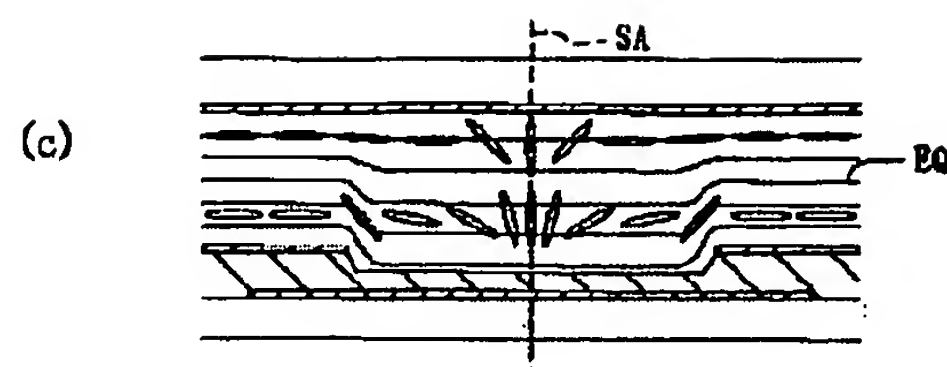
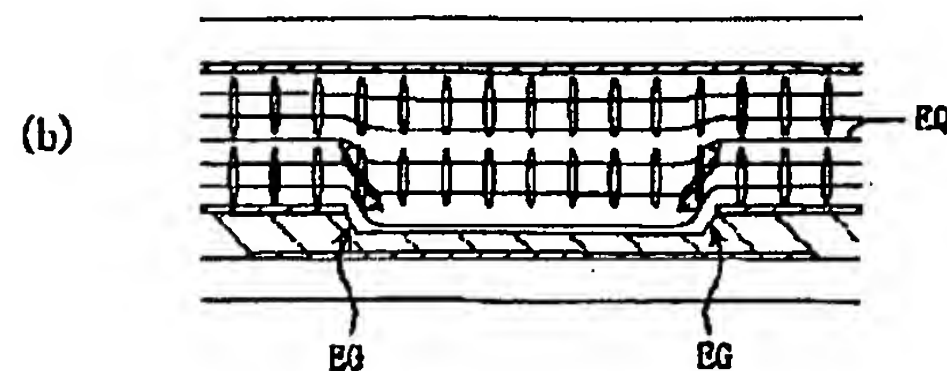
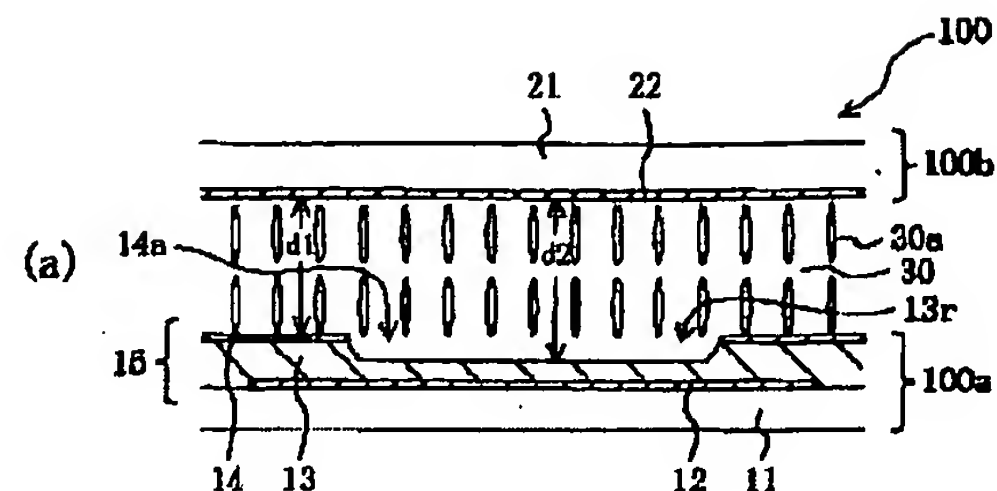
PUBLICATION NUMBER : 2001343647  
PUBLICATION DATE : 14-12-01  
APPLICATION DATE : 30-05-00  
APPLICATION NUMBER : 2000161240

APPLICANT : SHARP CORP;

INVENTOR : OCHI TAKASHI;

INT.CL. : G02F 1/1337 G02F 1/1368 G09F 9/30

TITLE : LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE  
AND ITS MANUFACTURING METHOD



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a liquid crystal display device with high display quality and a method for manufacturing the same.

SOLUTION: The liquid crystal display device carries out displaying by applying voltage to a liquid crystal layer which is in a vertical aligned state with no voltage applied to the first and second electrodes. The first electrode is provided with a lower conductive layer, a dielectric layer covering at least a part of the lower conductive layer and an upper conductive layer arranged on the liquid crystal layer side of the dielectric layer. The upper conductive layer is provided with conductive layer opening parts and further the lower conductive layer is arranged opposite to at least a part of the conductive layer opening part via the dielectric layer. The dielectric layer is provided with a recessing part in a region corresponding to the conductive layer opening part. The dielectric layer includes a second dielectric layer formed on a first dielectric layer and the recessing part has an opening part formed on the first dielectric layer.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-343647

(P2001-343647A)

(43) 公開日 平成13年12月14日 (2001. 12. 14)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト <sup>*</sup> (参考)
G 0 2 F 1/1337		G 0 2 F 1/1337	2 H 0 9 0
1/1368		G 0 9 F 9/30	3 3 8 2 H 0 9 2
G 0 9 F 9/30	3 3 8	G 0 2 F 1/136	5 0 0 5 C 0 9 4

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2000-161240(P2000-161240)

(22) 出願日 平成12年5月30日 (2000. 5. 30)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 山本 明弘

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(72) 発明者 久保 真澄

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(74) 代理人 100077931

弁理士 前田 弘 (外2名)

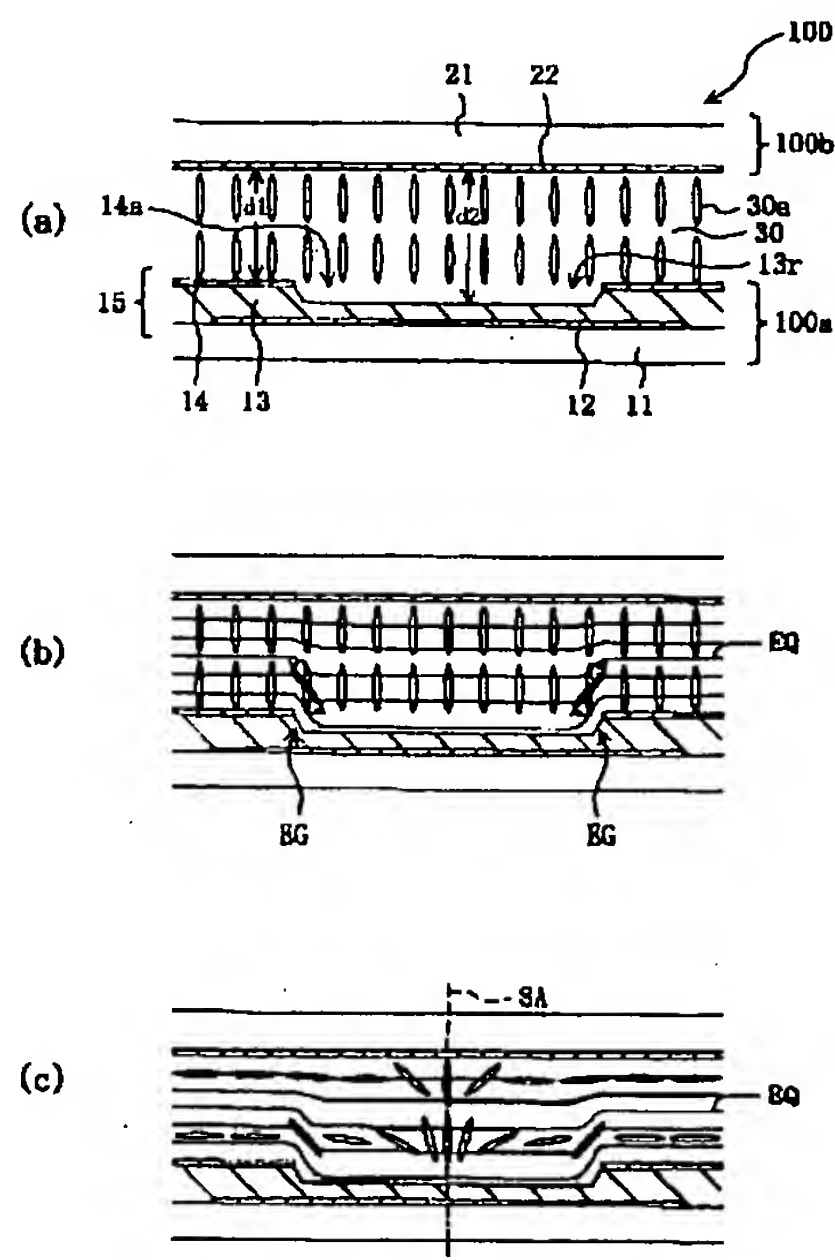
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶表示装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 表示品位の高い液晶表示装置およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 電圧無印加時に垂直配向状態をとる液晶層に、第1電極と第2電極とで電圧を印加することによって表示を行う液晶表示装置であって、第1電極は、下層導電層と、下層導電層の少なくとも一部を覆う誘電体層と、誘電体層の液晶層側に設けた上層導電層とを有し、上層導電層は導電層開口部を有し、且つ、下層導電層は、誘電体層を介して導電層開口部の少なくとも一部と対向するように設けられている。誘電体層は、導電層開口部に対応する領域に凹部を有している。誘電体層は第1誘電体層上に形成された第2誘電体層を含み、第1誘電体層に形成された開口部によって、凹部が形成されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1基板と、第2基板と、前記第1基板と前記第2基板との間に設けられた液晶層とを有し、前記第1基板の前記液晶層側に設けられた第1電極と、前記第2基板に設けられ前記第1電極に前記液晶層を介して対向する第2電極とによってそれぞれが規定される複数の絵素領域を有し、

前記複数の絵素領域のそれぞれにおいて、前記液晶層は、前記第1電極と前記第2電極との間に電圧が印加されていないときに垂直配向状態をとり、且つ、前記第1電極と前記第2電極との間に印加された電圧に応じて配向状態を変化し、

前記第1電極は、下層導電層と、第1開口部を有する第1誘電体層と、前記下層導電層および第1誘電体層の上に設けられた第2誘電体層と、前記第2誘電体層の前記液晶層側に設けられた上層導電層とを有し、

前記上層導電層は少なくとも1つの導電層開口部を有し、前記下層導電層は、前記第2誘電体層を介して前記少なくとも1つの導電層開口部の少なくとも一部と対向するように設けられており、且つ、前記第1開口部は、前記導電層開口部に対応して設けられており、前記導電層開口部内に位置する前記第2誘電体層の表面の高さは、前記上層導電層が設けられている領域の前記第2誘電体層の表面の高さよりも低い、液晶表示装置。

【請求項2】 前記第1誘電体層は、前記下層導電層の上に設けられており、前記第1開口部は、前記下層導電層の一部を露出するように形成されている、請求項1に記載の液晶表示装置。

【請求項3】 前記第1誘電体層は、前記下層導電層の下に設けられており、前記下層導電層は前記第1開口部を覆うように形成されている、請求項1に記載の液晶表示装置。

【請求項4】 前記第1基板は、前記下層導電層の下に、前記導電層開口部に対応する領域に第2開口部を有する第3誘電体層をさらに備えている、請求項1から3のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項5】 前記第1基板は、薄膜トランジスタをさらに有し、前記第3誘電体層は、前記薄膜トランジスタのゲート絶縁膜を兼ねる、請求項4に記載の液晶表示装置。

【請求項6】 第1基板と、第2基板と、前記第1基板と前記第2基板との間に設けられた液晶層とを有し、前記第1基板の前記液晶層側に設けられた第1電極と、前記第2基板に設けられ前記第1電極に前記液晶層を介して対向する第2電極とによってそれぞれが規定される複数の絵素領域を有し、

前記第1電極は、下層導電層と、第1開口部を有する第1誘電体層と、前記下層導電層および第1誘電体層上に設けられた第2誘電体層と、前記第2誘電体層の前記液晶層側に設けられた上層導電層とを有し、

前記上層導電層は、少なくとも1つの導電層開口部を有し、前記下層導電層は、前記第2誘電体層を介して前記少なくとも1つの導電層開口部の少なくとも一部と対向するように設けられた液晶表示装置の製造方法であって、

前記第1電極を形成する工程は、基板上に下層導電層を形成する工程と、前記基板上に、第1開口部を有する第1誘電体層を形成する工程と、

前記下層導電層および前記第1誘電体層の上に、前記第1開口部に対応する領域の表面の高さが、他の領域の表面の高さよりも低い第2誘電体層を形成する工程と、前記第1開口部に対応する領域の前記第2誘電体層の上に、導電層開口部を有する上層導電層を形成する工程と、

を包含する、液晶表示装置の製造方法。

【請求項7】 前記第1誘電体層は、前記第1開口部内に前記下層導電層が露出されるように、前記下層導電層の上に形成される、請求項6に記載の液晶表示装置の製造方法。

【請求項8】 前記下層導電層は、前記第1誘電体層の前記第1誘電体層開口部を少なくとも覆うように、前記第1誘電体層の上に形成される、請求項6に記載の液晶表示装置の製造方法。

【請求項9】 前記下層導電層を形成する工程の前に、前記基板上に、第2開口部を有する第3誘電体層を形成する工程をさらに包含する、請求項6から8のいずれかに記載の液晶表示装置の製造方法。

【請求項10】 前記基板上に薄膜トランジスタを形成する工程をさらに包含し、前記第3誘電体層は、前記薄膜トランジスタのゲート絶縁膜を兼ねるように形成される、請求項9に記載の液晶表示装置の製造方法。

【請求項11】 第1基板と、第2基板と、前記第1基板と前記第2基板との間に設けられた液晶層とを有し、前記第1基板の前記液晶層側に設けられた第1電極と、前記第2基板に設けられ前記第1電極に前記液晶層を介して対向する第2電極とによってそれぞれが規定される複数の絵素領域を有し、

前記第1電極は、下層導電層と、前記下層導電層の少なくとも一部を覆う誘電体層と、前記誘電体層の前記液晶層側に設けられた上層導電層とを有し、

前記上層導電層は、少なくとも1つの導電層開口部を有し、前記下層導電層は、前記誘電体層を介して前記少なくとも1つの導電層開口部の少なくとも一部と対向するように設けられた液晶表示装置の製造方法であって、前記第1電極を形成する工程は、

基板上に下層導電層を形成する工程と、

前記下層導電層上に誘電体膜を形成する工程と、

前記誘電体膜上に導電層開口部を有する上層導電層を形成する工程と、

前記上層導電層をマスクとして、前記導電層開口部内の

誘電体膜を部分的に除去することによって、前記第1開口部に対応する領域の表面の高さが、他の領域の表面の高さよりも低い誘電体層を形成する工程と、を包含する、液晶表示装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、液晶表示装置およびその製造方法に関し、特に広視野角特性を有し、高表示品位の表示を行う液晶表示装置およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、パーソナルコンピュータのディスプレイや携帯情報端末機器の表示部に用いられる表示装置として、薄型軽量の液晶表示装置が利用されている。しかしながら、従来のツイストネマチック型(TN型)、スーパーツイストネマチック型(STN型)液晶表示装置は、視野角が狭いという欠点を有しており、それを解決するために様々な技術開発が行なわれている。

【0003】TN型やSTN型の液晶表示装置の視野角特性を改善するための代表的な技術として、光学補償板を付加する方式がある。他の方式として、基板の表面に対して水平方向の電界を液晶層に印加する横電界方式がある。この横電界方式の液晶表示装置は、近年量産化され、注目されている。また、他の技術としては、液晶材料として負の誘電率異方性を有するネマチック液晶材料を用い、配向膜として垂直配向膜を用いるDAP(deformation of vertical aligned phase)がある。これは、電圧制御複屈折(ECB:electrically controlled birefringence)方式の一つであり、液晶分子の複屈折性を利用して透過率を制御する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、横電界方式は広視野角化技術として有効な方式の一つではあるものの、製造プロセスにおいて、通常のTN型に比べて生産マージンが著しく狭いため、安定な生産が困難であるとい問題がある。これは、基板間のギャップむらや液晶分子の配向軸に対する偏光板の透過軸(偏光軸)方向のずれが、表示輝度やコントラスト比に大きく影響するためであり、これらを高精度に制御して、安定な生産を行なうためには、さらなる技術開発が必要である。

【0005】また、DAP方式の液晶表示装置で表示ムラの無い均一な表示を行なうためには、配向制御を行なう必要がある。配向制御の方法としては、配向膜の表面をラビングすることにより配向処理する方法がある。しかしながら、垂直配向膜にラビング処理を施すと、表示画像中にラビング筋が発生しやすく量産には適していない。

【0006】一方、ラビング処理を行わずに配向制御を行なう方法として、電極にスリット(開口部)を形成することによって、斜め電界を発生させ、その斜め電界

によって液晶分子の配向方向を制御する方法も考案されている(例えば、特開平6-30136号公報)。しかしながら、電極にスリット(開口部)を形成することによって斜め電界を発生させる構成を採用すると、電極に形成されたスリットに対応する領域の液晶層に十分な電圧を印加することができず、その結果、スリットに対応する領域の液晶層の液晶分子の配向を十分に制御できず、電圧印加時の透過率のロスが生じるという問題がある。

【0007】本発明は、上記問題を解決するためになされたもので、表示品位の高い液晶表示装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の液晶表示装置は、第1基板と、第2基板と、前記第1基板と前記第2基板との間に設けられた液晶層とを有し、前記第1基板の前記液晶層側に設けられた第1電極と、前記第2基板に設けられ前記第1電極に前記液晶層を介して対向する第2電極とによってそれぞれが規定される複数の絵素領域を有し、前記複数の絵素領域のそれぞれにおいて、前記液晶層は、前記第1電極と前記第2電極との間に電圧が印加されていないときに垂直配向状態をとり、且つ、前記第1電極と前記第2電極との間に印加された電圧に応じて配向状態を変化し、前記第1電極は、下層導電層と、第1開口部を有する第1誘電体層と、前記下層導電層および第1誘電体層の上に設けられた第2誘電体層と、前記第2誘電体層の前記液晶層側に設けられた上層導電層とを有し、前記上層導電層は少なくとも1つの導電層開口部を有し、前記下層導電層は、前記第2誘電体層を介して前記少なくとも1つの導電層開口部の少なくとも一部と対向するように設けられており、且つ、前記第1開口部は、前記導電層開口部に対応して設けられており、前記導電層開口部内に位置する前記第2誘電体層の表面の高さは、前記上層導電層が設けられている領域の前記第2誘電体層の表面の高さよりも低い構成を有し、そのことによって上記目的が達成される。

【0009】前記第1誘電体層は、前記下層導電層の上に設けられており、前記第1開口部は、前記下層導電層の一部を露出するように形成されている構成としてもよい。

【0010】前記第1誘電体層は、前記下層導電層の下に設けられており、前記下層導電層は前記第1開口部を覆うように形成されている構成としてもよい。

【0011】前記第1基板は、前記下層導電層の下に、前記導電層開口部に対応する領域に第2開口部を有する第3誘電体層をさらに備えている構成としてもよい。

【0012】前記第1基板は、薄膜トランジスタをさらに有し、前記第3誘電体層は、前記薄膜トランジスタのゲート絶縁膜を兼ねる構成としてもよい。

【0013】本発明による液晶表示装置の製造方法は、



第1基板と、第2基板と、前記第1基板と前記第2基板との間に設けられた液晶層とを有し、前記第1基板の前記液晶層側に設けられた第1電極と、前記第2基板に設けられ前記第1電極に前記液晶層を介して対向する第2電極とによってそれぞれが規定される複数の絵素領域を有し、前記第1電極は、下層導電層と、第1開口部を有する第1誘電体層と、前記下層導電層および第1誘電体層上に設けられた第2誘電体層と、前記第2誘電体層の前記液晶層側に設けられた上層導電層とを有し、前記上層導電層は、少なくとも1つの導電層開口部を有し、前記下層導電層は、前記第2誘電体層を介して前記少なくとも1つの導電層開口部の少なくとも一部と対向するように設けられた液晶表示装置の製造方法であって、前記第1電極を形成する工程は、基板上に下層導電層を形成する工程と、前記基板上に、第1開口部を有する第1誘電体層を形成する工程と、前記下層導電層および前記第1誘電体層の上に、前記第1開口部に対応する領域の表面の高さが、他の領域の表面の高さよりも低い第2誘電体層を形成する工程と、前記第1開口部に対応する領域の前記第2誘電体層の上に、導電層開口部を有する上層導電層を形成する工程とを包含し、そのことによって上記目的が達成される。

【0014】前記第1誘電体層は、前記第1開口部内に前記下層導電層が露出されるように、前記下層導電層の上に形成されてもよい。

【0015】前記下層導電層は、前記第1誘電体層の前記第1誘電体層開口部を少なくとも覆うように、前記第1誘電体層の上に形成されてもよい。

【0016】前記下層導電層を形成する工程の前に、前記基板上に、第2開口部を有する第3誘電体層を形成する工程をさらに包含してもよい。

【0017】前記基板上に薄膜トランジスタを形成する工程をさらに包含し、前記第3誘電体層は、前記薄膜トランジスタのゲート絶縁膜を兼ねるように形成されてもよい。

【0018】本発明による他の液晶表示装置の製造方法は、第1基板と、第2基板と、前記第1基板と前記第2基板との間に設けられた液晶層とを有し、前記第1基板の前記液晶層側に設けられた第1電極と、前記第2基板に設けられ前記第1電極に前記液晶層を介して対向する第2電極とによってそれぞれが規定される複数の絵素領域を有し、前記第1電極は、下層導電層と、前記下層導電層の少なくとも一部を覆う誘電体層と、前記誘電体層の前記液晶層側に設けられた上層導電層とを有し、前記上層導電層は、少なくとも1つの導電層開口部を有し、前記下層導電層は、前記誘電体層を介して前記少なくとも1つの導電層開口部の少なくとも一部と対向するように設けられた液晶表示装置の製造方法であって、前記第1電極を形成する工程は、基板上に下層導電層を形成する工程と、前記下層導電層上に誘電体膜を形成する工程

と、前記誘電体膜上に導電層開口部を有する上層導電層を形成する工程と、前記上層導電層をマスクとして、前記導電層開口部内の誘電体膜を部分的に除去することによって、前記第1開口部に対応する領域の表面の高さが、他の領域の表面の高さよりも低い誘電体層を形成する工程とを包含し、そのことによって上記目的が達成される。

【0019】

【発明の実施の形態】まず、本発明の液晶表示装置が有する電極構造とその作用とを説明する。本発明による液晶表示装置は、優れた表示特性を有するので、アクティブマトリクス型液晶表示装置に好適に利用される。以下では、薄膜トランジスタ(TFT)を用いたアクティブマトリクス型液晶表示装置について、本発明の実施形態を説明する。本発明はこれに限られず、MIMを用いたアクティブマトリクス型液晶表示装置や単純マトリクス型液晶表示装置に適用することができる。また、以下では、透過型液晶表示装置を例に本発明の実施形態を説明するが、本発明はこれに限られず、反射型液晶表示装置や、透過反射両用型液晶表示装置に適用することができる。

【0020】なお、本願明細書においては、表示の最小単位である「絵素」に対応する液晶表示装置の領域を「絵素領域」と呼ぶ。カラー液晶表示装置においては、R、G、Bの「絵素」が1つの「画素」に対応する。絵素領域は、アクティブマトリクス型液晶表示装置においては、絵素電極と絵素電極と対向する対向電極とが絵素領域を規定する。また、単純マトリクス型液晶表示装置においては、ストライプ状に設けられる列電極と列電極と直交するように設けられる行電極とが互いに交差するそれぞれの領域が絵素領域を規定する。なお、ブラックマトリクスが設けられる構成においては、厳密には、表示すべき状態に応じて電圧が印加される領域のうち、ブラックマトリクスの開口部に対応する領域が絵素領域に対応することになる。

【0021】本発明による実施形態の液晶表示装置100の一絵素領域の断面を模式的に図1に示す。以下では、説明の簡単さのためにカラーフィルタやブラックマトリクスを省略する。また、以下の図面においては、液晶表示装置100の構成要素と実質的に同じ機能を有する構成要素を同じ参照符号で示し、その説明を省略する。なお、わかり易さのために、図1は液晶表示装置100の一絵素領域を示すこととするが、後に詳述するように、本発明による液晶表示装置は図1に示した電極構成を1つの絵素領域内に少なくとも1つ有せばよい。

【0022】液晶表示装置100は、アクティブマトリクス基板(以下「TFT基板」と呼ぶ。)100aと、対向基板(「カラーフィルタ基板」とも呼ぶ)100bと、TFT基板100aと対向基板100bとの間に設けられた液晶層30とを有している。液晶層30の液晶

分子30aは、負の誘電率異方性を有し、TFT基板100aおよび対向基板100bの液晶層30側の表面に設けられた垂直配向膜（不図示）によって、液晶層30に電圧が印加されていないとき、図1(a)に示したように、垂直配向膜の表面に対して垂直に配向する。このとき、液晶層30は垂直配向状態にあるという。但し、垂直配向状態にある液晶層30の液晶分子30aは、垂直配向膜の種類や液晶材料の種類によって、垂直配向膜の表面（基板の表面）の法線から若干傾斜することがある。一般に、垂直配向膜の表面に対して、液晶分子軸（「軸方位」とも言う。）が約85°以上の角度で配向した状態が垂直配向状態と呼ばれる。

【0023】液晶表示装置100のTFT基板100aは、透明基板（例えばガラス基板）11とその表面に形成された絵素電極15とを有している。対向基板100bは、透明基板（例えばガラス基板）21とその表面に形成された対向電極22とを有している。液晶層30を介して互いに対向するように配置された絵素電極15と対向電極22とに印加される電圧に応じて、絵素領域ごとの液晶層30の配向状態が変化する。液晶層30の配向状態の変化に伴い、液晶層30を透過する光の偏光状態や量が変化する現象を利用して表示が行われる。

【0024】液晶表示装置100が有する絵素電極15は、下層導電層12と、下層導電層12の少なくとも一部を覆う誘電体層13と、誘電体層の液晶層30側に設けた上層導電層14とを有している。さらに、誘電体層13は、上層導電層14の開口部14aに対応する凹部13rを有している。図1に示した液晶表示装置100においては、開口部14aに対向する基板11上の領域を全て含む領域に下層導電層12が形成されている（下層導電層12の面積>開口部14aの面積）。

【0025】なお、本実施形態の液晶表示装置における絵素電極15の構成は、上記の例に限られず、図2(a)に示す液晶表示装置100'のように、開口部14aに対向する基板11上の領域に下層導電層12を形成してもよい（下層導電層12の面積=開口部14aの面積）。また、図2(b)に示す液晶表示装置100''のように、開口部14aに対向する基板11上の領域内に下層導電層12を形成してもよい（下層導電層12の面積<開口部14aの面積）。すなわち、下層導電層12は、誘電体層13を介して開口部14aの少なくとも一部に対向するように設けられていればよい。但し、下層導電層12が開口部14a内に形成された構成（図2(b)）においては、基板11の法線方向から見た平面内に、下層導電層12および上層導電層14のいずれもが存在しない領域（隙間領域）が存在し、この隙間領域に対向する領域の液晶層30に十分な電圧が印加されないことがある。従って、液晶層30の配向を安定化するように、この隙間領域の幅（図2(b)中のWS）を十分に狭くすることが好ましい。WSは、典型的

には、約4μmを越えないことが好ましい。

【0026】なお、下層導電層12および上層導電層14を備える絵素電極15を「2層構造電極」と呼ぶこともある。「下層」および「上層」は、2つの電極12および14の誘電体層13に対する相対的な関係を表すために用いた用語であり、液晶表示装置の使用時の空間的な配置を制限するものではない。さらに、「2層構造電極」は、下層導電層12および上層導電層14以外の電極を有する構成を排除するものではなく、少なくとも下層導電層12および上層導電層14を有し、以下に説明する作用を有する構成であればよい。また、2層構造電極は、TFT型液晶表示装置における絵素電極である必要はなく、絵素領域ごとに2層構造電極を有せば他のタイプの液晶表示装置にも適用され得る。具体的には、例えば、単純マトリクス型液晶表示装置における列電極（信号電極）が、絵素領域毎に2層構造を有せば、絵素領域内の列電極が2層構造電極として機能する。

【0027】次に、図1、図3および図4を参照しながら、2層構造電極を備える液晶表示装置の動作を、他の構成の電極を備える液晶表示装置の動作と比較しながら説明する。

【0028】まず、液晶表示装置100の動作を、図1を参照しながら説明する。

【0029】図1(a)は、電圧が印加されていない液晶層30内の液晶分子30aの配向状態（OFF状態）を模式的に示している。図1(b)は、液晶層30に印加された電圧に応じて、液晶分子30aの配向が変化し始めた状態（ON初期状態）を模式的に示している。図1(c)は、印加された電圧に応じて変化した液晶分子30aの配向が定常状態に達した状態を模式的に示している。図1では、簡単さのために、絵素電極15を構成する下層導電層12および上層導電層14に同一の電圧を印加した例を示している。図1(b)および(c)中の曲線EQは等電位線EQを示す。

【0030】図1(a)に示したように、絵素電極15と対向電極22が同電位るとき（液晶層30に電圧が印加されていない状態）には、絵素領域内の液晶分子30aは、両基板11および21の表面に対して垂直に配向している。

【0031】液晶層30に電圧を印加すると、図1(b)に示した等電位線EQ（電気力線と直交する）EQで表される電位勾配が形成される。絵素電極15の上層導電層14と対向電極22との間に位置する液晶層30内には、上層導電層14および対向電極22の表面に対して平行な等電位線EQで表される、均一な電位勾配が形成される。上層導電層14の開口部14aの上に位置する液晶層30には、下層導電層12と対向電極22との電位差に応じた電位勾配が形成される。このとき、液晶層30内に形成される電位勾配が、誘電体層13による電圧降下（容量分割）の影響を受けるので、液晶層



30内に形成される等電位線EQは、開口部14aに対応する領域で落ち込む（等電位線EQに「谷」が形成される）。誘電体層13を介して開口部14aに対向する領域に下層導電層12が形成されているので、開口部14aの中央付近上に位置する液晶層30内にも、上層導電層14および対向電極22の面に対して平行な等電位線EQで表される電位勾配が形成される（等電位線EQの「谷の底」）。開口部14aのエッジ部（開口部14aの境界（外延）を含む開口部14aの内側周辺）EG上の液晶層30内には、傾斜した等電位線EQで表される斜め電界が形成される。

【0032】負の誘電異方性を有する液晶分子30aには、液晶分子30aの軸方位を等電位線EQに対して平行（電気力線に対して垂直）に配向させようとするトルクが作用する。従って、エッジ部EG上の液晶分子30aは、図1（b）中に矢印で示したように、図中の右側エッジ部EGでは時計回り方向に、図中の左側エッジ部EGでは反時計回り方向に、それぞれ傾斜（回転）し、等電位線EQに平行に配向する。

【0033】ここで、図5を参照しながら、液晶分子30の配向の変化を詳細に説明する。

【0034】液晶層30に電界が生成されると、負の誘電率異方性を有する液晶分子30aには、その軸方位を等電位線EQに対して平行に配向させようとするトルクが作用する。図5（a）に示したように、液晶分子30aの軸方位に対して垂直な等電位線EQで表される電界が発生すると、液晶分子30aには時計回りまたは反時計回り方向に傾斜させるトルクが等しい確率で作用する。従って、図3を参照しながら後述するように、互いに対向する平行平板型配置の電極間にある液晶層30内には、時計回り方向のトルクを受ける液晶分子30aと、反時計回り方向のトルクを受ける液晶分子30aとが混在する。その結果、液晶層30に印加された電圧に応じた配向状態への変化がスムーズに起こらないことがある。

【0035】図1（b）に示したように、本発明による液晶表示装置100の開口部14aのエッジ部EGにおいて、液晶分子30aの軸方位に対して傾斜した等電位線EQで表される電界（斜め電界）が発生すると、図5（b）に示したように、液晶分子30aは、等電位線EQと平行になるための傾斜量が少ない方向（図示の例では反時計回り）に傾斜する。また、液晶分子30aの軸方位に対して垂直方向の等電位線EQで表される電界が発生する領域に位置する液晶分子30aは、図5（c）に示したように、傾斜した等電位線EQ上に位置する液晶分子30aと配向が連続となるように（整合するように）、傾斜した等電位線EQ上に位置する液晶分子30aと同じ方向に傾斜する。なお、「等電位線EQ上に位置する」とは、「等電位線EQで表される電界内に位置する」ことを意味する。

【0036】上述したように、傾斜した等電位線EQ上に位置する液晶分子30aから始まる配向の変化が進み、定常状態に達すると、図1（c）に模式的に示した配向状態となる。開口部14aの中央付近に位置する液晶分子30aは、開口部14aの互いに対向する両側のエッジ部EGの液晶分子30aの配向の影響をほぼ同等に受けるので、等電位線EQに対して垂直な配向状態を保ち、開口部14aの中央から離れた領域の液晶分子30aは、それぞれ近い方のエッジ部EGの液晶分子30aの配向の影響を受けて傾斜し、開口部14aの中心SAに関して対称な傾斜配向を形成する。この配向状態は、液晶表示装置100の表示面に垂直な方向（基板11および21の表面に垂直な方向）からみると、液晶分子30aの軸方位が開口部14aの中心に関して放射状に配向した状態にある（不図示）。そこで、本願明細書においては、このような配向状態を「放射状傾斜配向」と呼ぶことにする。

【0037】液晶表示装置の視角依存性を全方位において改善するためには、それぞれの絵素領域内の液晶分子の配向が表示面に垂直な方向の軸を中心とする回転対称性を有することが好ましく、軸対称性を有することがさらに好ましい。従って、開口部14aは絵素領域の液晶層30の配向が回転対称性（または軸対称性）を有するように配置されることが好ましい。絵素領域毎に1つの開口部14aを形成する場合には、開口部14aを絵素領域の中央に設けることが好ましい。また、開口部14aの形状（液晶層30の層面内における形状）も、回転対称性（軸対称性）を有することが好ましく、正方形などの正多角形や円形であることが好ましい。絵素領域に複数の開口部14aを形成する場合の配置については、後述する。

【0038】さらに、液晶表示装置100においては、絵素電極15が有する上層電極14の開口部14a内の誘電体層13に凹部13rが形成されているので、開口部14a内に位置する液晶層30の厚さd2は、上層導電層14が形成されている領域の液晶層の厚さd1に比べて、凹部13rの誘電体層13の厚さ分だけ厚い。また、開口部14a内に位置する液晶層30に印加される電圧は、凹部13r内の誘電体層13による電圧降下（容量分割）を受けるので、上層導電層（開口部14aを除く領域）14上の液晶層30に印加される電圧よりも低くなる。

【0039】したがって、凹部13r内の誘電体層13の厚さを調整することによって、液晶層30の厚さの違いに起因するリタデーション量の違いと、液晶層30に印加される電圧の場所による違い（開口部14a内の液晶層に印加される電圧の低下量）との関係を制御し、印加電圧とリタデーションとの関係が絵素領域内の場所に依存しないようにすることができる。より厳密には、液晶層の複屈折率、液晶層の厚さ、誘電体層の誘電率およ

び誘電体層の厚さ、誘電体層の凹部の厚さ（凹部13rの深さ）を調整することによって、印加電圧とリタレーションとの関係を絵素領域内の場所で均一にすることができ、高品位な表示が可能となる。特に、表面が平坦な誘電体層を有する透過型表示装置と比較し、上層導電層14の開口部14aに対応する領域の液晶層30に印加される電圧の低下による透過率の減少（光の利用効率の低下）が抑制される利点がある。

【0040】上述の説明は、絵素電極15を構成する上層導電層14と下層導電層12と同じ電圧を供給した場合について説明したが、下層導電層12と上層導電層14とに異なる電圧を印加する構成とすれば、表示むらの無い表示が可能な液晶表示装置の構成のバリエーションを増やすことができる。例えば、上層導電層14に印加する電圧よりも、誘電体層13による電圧降下分だけ高い電圧を下層導電層12に印加することによって、液晶層30に印加される電圧が絵素領域内の場所によって異なることを防止することができる。

【0041】図1(a)～(c)を参照しながら説明したように、本発明による液晶表示装置100は、絵素領域毎に2層構造電極15を有しており、絵素領域内の液晶層30内に、傾斜した領域を有する等電位線EQで表される電界を生成する。電圧無印加時に垂直配向状態にある液晶層30内の負の誘電異方性を有する液晶分子30aは、傾斜した等電位線EQ上に位置する液晶分子30aの配向変化をトリガーとして、配向方向を変化し、安定な放射状傾斜配向を形成する。勿論、図2(a)および(b)に示した液晶表示装置100'および100''も同様に動作する。但し、図2(b)の構成において、隙間領域WSがあまり大きくなると（例えば、約5μmを越えると）、開口部14aのエッジ部には十分な電圧が印加されず、表示に寄与しない領域となってしまうことがある。

【0042】次に、図3を参照しながら、従来の典型的な液晶表示装置200の動作を説明する。図3(a)～(c)は、液晶表示装置200の一絵素領域を模式的に示している。

【0043】液晶表示装置200は、互いに対向するように配置された絵素電極15Aおよび対向電極22を有する。絵素電極15Aおよび対向電極22は、いずれも開口部14aを有さない、単一の導電層から形成されている。

【0044】図3(a)に示したように、液晶層30に電圧が印加されていないとき、液晶層30は垂直配向状態をとる。

【0045】液晶層30に電圧を印加することによって生成される電界は、図3(b)に示したように、絵素領域全体に亘って、絵素電極15Aおよび対向電極22の表面に対して平行な等電位線EQで表される。このとき、液晶分子30aは軸方位が等電位線EQに対して平

行となるように配向方向を変えようとするが、液晶分子30aの軸方位と等電位線EQとが直交する電界下においては、図5(a)に示したように、液晶分子30aが傾斜（回転）する方向が一義的に定まらない。液晶分子30aは、典型的には、垂直配向膜の局所的な表面状態の違いの影響を受け、種々の方向に傾斜し始める。その結果、液晶分子30aの配向状態が複数の絵素領域間で異なり、液晶表示装置200による表示は、ざらついた表示となる。また、液晶層30の配向状態が図3(c)に示した定常状態に到達するまでに、上述した本発明の液晶表示装置100よりも長い時間が必要となる。

【0046】すなわち、本発明の液晶表示装置100は、従来の液晶表示装置200と比較し、ざらつきのない高品位の表示が可能であり、且つ、応答速度が速い、という特徴を有している。

【0047】次に、図4を参照しながら、絵素電極15Bに開口部15bを有する液晶表示装置300の動作を説明する。絵素電極15Bは開口部15bを有する単一の電極で構成されており、下層導電層12（例えば図1参照）を有していない点において本発明の液晶表示装置の絵素電極15と異なる。液晶表示装置300は、前述した特開平6-30136号公報に開示されている、対向電極に開口部14aを有する液晶表示装置と同様に斜め電界を液晶層30中に発生する。

【0048】液晶表示装置300の液晶層30は、図4(a)に示したように、電圧無印加時には垂直配向状態をとる。電圧無印加時の液晶層30の配向状態は、本発明の液晶表示装置（図1および図2）や従来の典型的な液晶表示装置（図3）と同じである。

【0049】液晶層30に電圧を印加すると、図4(b)に示した等電位線EQで表される電界が生成される。絵素電極15Bは、本実施形態の液晶表示装置100の絵素電極15（例えば図1参照）と同様に開口部15bを有するので、液晶表示装置200の液晶層30に生成される等電位線EQは、開口部15bに対応する領域で落ち込み、開口部15bのエッジ部EG上の液晶層30内に傾斜した等電位線EQで表される斜め電界が形成される。しかし、絵素電極15Bは単一の導電層から形成されており、開口部15bに対応する領域には下層導電層（絵素電極と同じ電位）を有しないので、開口部15b上に位置する液晶層30内には電界が生成されない領域（等電位線EQが描かれていない領域）が存在する。

【0050】上述のような電界下に置かれた負の誘電率異方性を有する液晶分子30aは、以下の様に振舞う。まず、開口部15bのエッジ部EG上の液晶分子30aは、図4(b)中に矢印で示したように、図中の右側エッジ部EGでは時計回り方向に、図中の左側エッジ部EGでは反時計回り方向に、それぞれ傾斜（回転）し、等電位線EQに平行に配向する。これは、図1(b)を参



照しながら説明した、本実施形態の液晶表示装置100における液晶分子30aと同じ振る舞いであり、エッジ部EG付近の液晶分子30aの傾斜(回転)方向を一義的に決定し、安定は配向変化を起こすことができる。

【0051】しかしながら、開口部15bのエッジ部EGを除く領域の上に位置する液晶層30には電界が発生しないので、配向を変化するトルクは発生しない。その結果、十分な時間が経過して液晶層30の配向変化が定常状態に達しても、図4(c)に示したように、開口部15bのエッジ部EGを除く領域の上に位置する液晶層30は、垂直配向状態のままである。勿論、エッジ部EG付近の液晶分子30aの配向変化の影響を受けて、一部の液晶分子30aは配向を変化するが、開口部15b上の液晶層30内の全ての液晶分子30aの配向を変化することはできない。開口部15bの端部からどれぐらいの位置にある液晶分子30aまで、その影響が及ぶかは、液晶層30の厚さや液晶材料の物性(誘電率異方性の大きさ、弾性率など)にも依存するが、開口部15bの大きさ(四角の場合は1辺の長さ、円の場合は直径に相当)が約4 $\mu$ mを越えると、開口部15bの中央付近の液晶分子30aは電界によって配向を変化することなく、垂直配向を維持する。従って、液晶表示装置300の液晶層30の内の開口部15b上に位置する領域は、表示に寄与しないので、表示品位の低下を招く。例えば、ノーマリブラックの表示モードにおいては、実効開口率が低下し、表示輝度が低下する。

【0052】このように、液晶表示装置300は、開口部15bを有する絵素電極15Bによって形成される斜め電界によって、液晶分子30aの配向が変化する方向を一義的に決定するので、従来の典型的な液晶表示装置200で起こる表示のざらつきを防止できるものの、輝度が暗くなる。本実施形態の液晶表示装置100は、開口部14aを有する上層導電層14と開口部14aと対向するように設けられた下層電極12とを有するので、開口部14a上に位置する液晶層30のほぼ全ての領域に電界を作用させ、表示に寄与させることができる。従って、本実施形態の液晶表示装置100は、高輝度で、且つざらつきが無い高品位の表示を実現することができる。

【0053】本実施形態の液晶表示装置が有する2層構造電極(絵素電極)15の上層導電層14が有する開口部14aの形状(基板法線方向から見た形状)について説明する。開口部14aの形状は、多角形でもよいし、円形や楕円形でもよい。

【0054】液晶表示装置の表示特性は、液晶分子の配向状態(光学的異方性)に起因して、方位角依存性を示す。表示特性の方位角依存性を低減するためには、液晶分子が全ての方位角に対して同等の確率で配向していることが好ましい。また、それぞれの絵素領域内の液晶分子が全ての方位角に対して同等の確率で配向しているこ

とがさらに好ましい。従って、開口部14aの形状は、それぞれの絵素領域内の液晶分子が、すべての方位角に対して同等の確率で配向するような形状を有していることが好ましい。具体的には、開口部14aの形状は、それぞれ絵素領域の中心(法線方向)を対称軸とする回転対称性を有することが好ましい。2回回転軸以上の高い回転対称性の軸を有することがさらに好ましい。

【0055】開口部14aの形状が多角形の場合の液晶分子30aの配向状態を図6(a)～図6(c)を参照しながら説明する。図6(a)～(c)は、それぞれ、基板法線方向から見た液晶分子30aの配向状態を模式的に示している。図6(b)および(c)など、基板法線方向から見た液晶分子30aの配向状態を示す図において、楕円状に描かれた液晶分子30aの先が黒く示されている端は、その端が他端よりも、開口部14aを有する2層電極が設けられている基板側に近いように、液晶分子30aが傾斜していることを示している。以下の図面においても同様である。

【0056】ここでは、矩形(正方形と長方形を含む)の絵素領域に対応して、矩形の開口部14aを形成した構造を例に説明する。図6(a)～図6(c)中の1A-1A'線に沿った断面は、図1(a)～図1(c)にそれぞれ対応し、図1(a)～図1(c)を合わせて参照しながら説明する。勿論、絵素領域(絵素電極15)の形状はこれに限られない。

【0057】下層導電層12と上層導電層14とを有する絵素電極15および対向電極22が同電位るとき、すなわち液晶層30に電圧が印加されていない状態においては、TFT基板100aおよび対向基板100bの液晶層30側表面に設けられた垂直配向層(不図示)によって配向方向が規制されている液晶分子30aは、図6(a)に示したように、垂直配向状態を取る。

【0058】液晶層30に電界を印加し、図1(a)に示した等電位線EQで表される電界が発生すると、負の誘電率異方性を有する液晶分子30aには、軸方位が等電位線EQに平行になるなトルクが発生する。図5

(a)および(b)を参照しながら説明したように、液晶分子30aの分子軸に対して垂直な等電位線EQで表される電場下の液晶分子30aは、液晶分子30aが傾斜(回転)する方向が一義的に定まっていなため(図5(a))、配向の変化(傾斜または回転)が容易に起こらないのに対し、液晶分子30aの分子軸に対して傾斜した等電位線EQ下に置かれた液晶分子30aは、傾斜(回転)方向が一義的に決まるので、配向の変化が容易に起こる。図6に示した構造では、等電位線EQに対して液晶分子30aの分子軸が傾いている上層導電層14の矩形の開口部14aの4辺のエッジ部から液晶分子30aが傾斜し始める。そして、図5(c)を参照しながら説明したように、開口部14aのエッジ部の傾斜した液晶分子30aの配向と整合性をとるように周囲の液晶

分子30aも傾斜し、図6(c)に示したように、状態で液晶分子30aの軸方位は安定する(放射状傾斜配向)。

【0059】このように、上層導電層14の開口部14aが、スリット状(長さに対して幅(長さに直交する方向)が著しく狭い形状)ではなく、矩形状であると、絵素領域内の液晶分子30aは、電圧印加時に、開口部14aの4辺のエッジ部から開口部14aの中心に向かって液晶分子30aが傾斜するので、エッジ部からの液晶分子30aの配向規制力が釣り合う開口部14aの中心付近の液晶分子30aは基板面に対して垂直に配向した状態を維持し、その回りの液晶分子30aが開口部14aの中心付近の液晶分子30aを中心に放射状に液晶分子30aが連続的に傾斜した状態が得られる。このように、絵素領域毎に液晶分子30aが放射状傾斜配向をとると、全ての視角方向(方位角方向も含む)に対して、それぞれの軸方位の液晶分子30aの存在確率がほぼ等しくなり、あらゆる視角方向に対して、ざらつきのない高品位の表示を実現することができる。

【0060】さらに、開口部14aの形状を回転対称性(4回回転軸を有する)の高い正方形とすると、回転対称性の低い(2回回転軸を有する)長方形よりも、開口部14aの中心とする液晶分子30aの放射状傾斜配向の対称性が高くなるので、視角方向に対して一層ざらつきのない良好な表示を実現できる。なお、開口部14aの形状として矩形を例示したが、開口部14aの内側の液晶分子30aが電圧印加時に安定した放射状傾斜配向をとるのであれば、他の多角形であってもよく、回転対称が高い正多角形がさらに好ましい。

【0061】なお、液晶分子30aの放射状傾斜配向は、図8(a)に示したような単純な放射状傾斜配向よりも、図8(b)および(c)に示したような、左回りまたは右回りの渦巻き状の放射状傾斜配向の方が安定である。この渦巻き状配向は、通常のツイスト配向のように液晶層30の厚さ方向に沿って液晶分子30aの配向方向が螺旋状に変化するのではなく、液晶分子30aの配向方向は微小領域で見ると、液晶層30の厚さ方向に沿ってほとんど変化していない。すなわち、液晶層30の厚さ方向のどここの位置の断面(層面に平行な面内での断面)においても、図8(b)または(c)と同じ配向状態にあり、液晶層30の厚さ方向に沿ったツイスト変形をほとんど生じていない。但し、開口部14aの全体で見ると、ある程度のツイスト変形が発生している。

【0062】負の誘電異方性を有するネマチック液晶材料にカイラル剤を添加した材料を用いると、図7(a)および(b)にそれぞれ示すように、電圧印加時に、液晶分子30aは、開口部14aを中心に左回りまたは右回りの渦巻き状放射状傾斜配向をとる。右回りが左回りかは用いるカイラル剤の種類によって決まる。従って、電圧印加時に開口部14a内の液晶層30を渦巻き状放

射状傾斜配向させることによって、放射状傾斜している液晶分子30aの、基板面に垂直に立っている液晶分子30aの周りを巻いている方向を全ての開口部14a内で一定にすることができるので、ざらつきの無い均一な表示が可能になる。さらに、基板面に垂直に立っている液晶分子30aの周りを巻いている方向が定まっているので、液晶層30に電圧を印加した際の応答速度も向上する。

【0063】開口部14aの形状は、上述した多角形に限られず、円形や楕円形でも良い。

【0064】開口部14aの形状が円形の場合の液晶分子30aの配向状態を図9(a)～図9(c)を参照しながら説明する。図9(a)～図9(c)は、それぞれ、基板法線方向から見た液晶分子30aの配向状態を模式的に示している。ここでは、矩形の絵素領域に対して、円形の開口部14aを形成した構造を例に説明する。図9(a)～図9(c)中の1B-1B'線に沿った断面は、図1(a)～図1(c)にそれぞれ対応し、図1(a)～図1(c)を合わせて参照しながら説明する。

【0065】下層導電層12と上層導電層14とを有する絵素電極15および対向電極22が同電位するとき、すなわち液晶層30に電圧が印加されていない状態においては、TFT基板100aおよび対向基板100bの液晶層30側表面に設けられた垂直配向層(不図示)によって配向方向が規制されている液晶分子30aは、図9(a)に示したように、垂直配向状態を取る。

【0066】液晶層30に電界を印加し、図1(a)に示した等電位線EQで表される電界が発生すると、負の誘電率異方性を有する液晶分子30aには、軸方位が等電位線EQに平行になるなトルクが発生する。図5

(a)および(b)を参照しながら説明したように、液晶分子30aの分子軸に対して垂直な等電位線EQで表される電場下の液晶分子30aは、液晶分子30aが傾斜(回転)する方向が一義的に定まっていなかったため(図5(a))、配向の変化(傾斜または回転)が容易に起こらないのに対し、液晶分子30aの分子軸に対して傾斜した等電位線EQ下に置かれた液晶分子30aは、傾斜(回転)方向が一義的に決まるので、配向の変化が容易に起こる。図9に示した構造では、等電位線EQに対して液晶分子30aの分子軸が傾いている上層導電層14の円形の開口部14aの円周のエッジ部から液晶分子30aが傾斜し始める。そして、図5(c)を参照しながら説明したように、開口部14aのエッジ部の傾斜した液晶分子30aの配向と整合性をとるように周囲の液晶分子30aも傾斜し、図9(c)に示したように、状態で液晶分子30aの軸方位は安定する(放射状傾斜配向)。

【0067】このように、上層導電層14の開口部14aが、円形状であると、絵素領域内の液晶分子30a



は、電圧印加時に、開口部14aの円周のエッジ部から開口部14aの中心に向かって液晶分子30aが傾斜するので、エッジ部からの液晶分子30aの配向規制力が釣り合う開口部14aの中心付近の液晶分子30aは基板面に対して垂直に配向した状態を維持し、その回りの液晶分子30aが開口部14aの中心付近の液晶分子30aを中心に放射状に液晶分子30aが連続的に傾斜した状態（放射状傾斜配向）が得られる。開口部14aの形状が円形の場合には四角形の場合よりも、放射状傾斜配向の中心（基板面に垂直に配向した液晶分子30aの位置）が開口部14aの中心に安定に形成されるので、電圧印加時にあらゆる方向において、ざらつきのない高品位の表示を実現することができる。

【0068】開口部14aの形状が円形の場合に得られる、放射状傾斜配向の中心位置が安定するという作用は、円の回転対称性が高いことともに、液晶分子30aが傾斜する方向を決める開口部14aのエッジが連続していること、にあると考えられる。開口部14aのエッジが連続していることによる、放射状傾斜配向安定化の作用は、開口部14aの形状を楕円（長円）としても得られる。

【0069】なお、液晶分子30aの放射状傾斜配向は、図8を参照しながら上述したように、渦巻き状配向性を付与することによって、より安定化する。従って、図10(a)および図10(b)にそれぞれ示すように、開口部14aを中心に左回りまたは右回り渦巻き状放射状傾斜配向とする方が好ましい。特に、開口部14aの面積が大きくなり、開口部14aの辺から中心までの距離が長くなると、開口部14a内に位置する液晶分子30aの配向が安定しにくくなるので、渦巻き状配向性を付与することが好ましい。例えば、液晶材料にカイラル剤を添加することによって、放射状配向に渦巻き配向を付与することができる。

【0070】上記では、絵素領域毎に1つの開口部を有する構成を例に、開口部を有する2層構造電極の構成と作用とを説明したが、開口部を絵素領域毎に複数設けても良い。以下では、絵素領域毎に複数の開口部を有する2層構造の絵素電極を用いる構成について説明する。

【0071】絵素領域毎に複数の開口部を設ける場合には、絵素領域内の液晶分子が全方位的に均一な配向をとるように、上述したように複数の開口部のそれぞれが回転対称性を有する形状を有することが好ましく、さらに、複数の開口部の配置が回転対称性を有することが好ましい。以下では、絵素領域毎に複数の開口部を回転対称性を有するように配置した2層構造の絵素電極15を有する液晶表示装置を例にその構成と動作を説明する。

【0072】図11に、複数の開口部14a（14a1および14a2を含む）を有し、それぞれの開口部14a内の誘電体層13には凹部13rが形成されている、絵素電極15を備えた液晶表示装置400の一絵素領域

の断面構造を模式的に示す。

【0073】図11(a)は、電圧が印加されていない液晶層30内の液晶分子30aの配向状態（OFF状態）を模式的に示している。図11(b)は、液晶層30に印加された電圧に応じて、液晶分子30aの配向が変化し始めた状態（ON初期状態）を模式的に示している。図11(c)は、印加された電圧に応じて変化した液晶分子30aの配向が定常状態に達した状態を模式的に示している。図11(a)、(b)および(c)は、絵素領域毎に1つの開口部14aを有する絵素電極15を備えた液晶表示装置100についての図1(a)、(b)および(c)にそれぞれ対応する。なお、図11では、開口部14a1および14a2に誘電体層13を介して対向するように設けられた下層導電層12は、開口部14a1および14a2のそれぞれと重なり、且つ、開口部14a1および14a2との間の領域（上層導電層14が存在する領域）にも存在するように形成された例を示したが、下層導電層12の配置はこれに限られず、開口部14a1および14a2のそれぞれに対して、図1、図2(a)および(b)に示した配置関係を有するように配置されればよい。また、誘電体層13を介して上層導電層14の導電層が存在する領域と対向する位置に形成された下層導電層12は、液晶層30に印加される電界に実質的に影響しないので、特にパターンングする必要はないが、パターンングしてもよい。

【0074】図11(a)に示したように、絵素電極15と対向電極22が同電位るとき（液晶層30に電圧が印加されていない状態）には、絵素領域内の液晶分子30aは、両基板11および21の表面に対して垂直に配向している。

【0075】液晶層30に電圧を印加すると、図11(b)に示した等電位線EQで表される電位勾配が形成される。絵素電極15の上層導電層14と対向電極22との間に位置する液晶層30内には、上層導電層14および対向電極22の表面に対して平行な等電位線EQで表される、均一な電位勾配が形成される。上層導電層14の開口部14a1および14a2の上に位置する液晶層30には、下層導電層12と対向電極22との電位差に応じた電位勾配が形成される。このとき、液晶層30内に形成される電位勾配が、誘電体層13による電圧降下の影響を受けるので、液晶層30内に形成される等電位線EQは、開口部14a1および14a2に対応する領域で落ち込む（等電位線EQに複数の「谷」が形成される）。誘電体層13を介して開口部14a1および14a2に対向する領域に下層導電層12が形成されているので、開口部14a1および14a2のそれぞれの中央付近上に位置する液晶層30内にも、上層導電層14および対向電極22の面に対して平行な等電位線EQで表される電位勾配が形成される（等電位線EQの「谷の底」）。開口部14a1および14a2のエッジ部（開



口部の境界（外延）を含む開口部の内側周辺）EG上の液晶層30内には、傾斜した等電位線EQで表される斜め電界が形成される。

【0076】負の誘電異方性を有する液晶分子30aには、液晶分子30aの軸方位を等電位線EQに対して平行に配向させようとするトルクが作用する。従って、エッジ部EG上の液晶分子30aは、図11（b）中に矢印で示したように、図中の右側エッジ部EGでは時計回り方向に、図中の左側エッジ部EGでは反時計回り方向に、それぞれ傾斜（回転）し、等電位線EQに平行に配向する。

【0077】図11（b）に示したように、本発明による液晶表示装置400の開口部14a1および14a2のエッジ部EGにおいて、液晶分子30aの軸方位に対して傾斜した等電位線EQで表される電界（斜め電界）が発生すると、図5（b）に示したように、液晶分子30aは、等電位線EQと平行になるための傾斜量が少ない方向（図示の例では反時計回り）に傾斜する。また、液晶分子30aの軸方位に対して垂直方向の等電位線EQで表される電界が発生する領域に位置する液晶分子30aは、図5（c）に示したように、傾斜した等電位線EQ上に位置する液晶分子30aと配向が連続となるように（整合するように）、傾斜した等電位線EQ上に位置する液晶分子30aと同じ方向に傾斜する。

【0078】上述したように、傾斜した等電位線EQ上に位置する液晶分子30aから始まる配向の変化が進み、定常状態に達すると、図11（c）に模式的に示したように、開口部14a1および14a2のそれぞれの中心SAに関して対称な傾斜配向（放射状傾斜配向）を形成する。また、隣接する2つの開口部14a1および14a2との間に位置する上層導電層14の領域上の液晶分子30aも、開口部14a1および14a2のエッジ部の液晶分子30aと配向が連続となるように（整合するように）、傾斜配向する。開口部14a1および14a2のエッジの中央に位置する部分上の液晶分子30aは、それぞれのエッジ部の液晶分子30aの影響を同程度に受けるので、開口部14a1および14a2の中央部に位置する液晶分子30aと同様に、垂直配向状態を維持する。その結果、隣接する2つの開口部14a1と14a2との間に上層導電層14上の液晶層も放射状傾斜配向状態となる。但し、開口部14a1および14a2内の液晶層の放射状傾斜配向と開口部14a1と14a2との間の液晶層の放射状傾斜方向とは、液晶分子の傾斜方向が異なる。図11（c）に示した、それぞれの放射状傾斜配向している領域の中央に位置する液晶分子30a付近の配向に注目すると、開口部14a1および14a2内では、対向電極に向かって広がるコーンを形成するように液晶分子30aが傾斜しているのに対し、開口部間では、上層導電層14に向かって広がるコーンを形成するように液晶分子30aが傾斜している。な

お、いずれの放射状傾斜配向もエッジ部の液晶分子30aの傾斜配向と整合するように形成されているので、2つの放射状傾斜配向は互いに連続している。

【0079】上述したように、液晶層30に電圧を印加すると、上層導電層14に設けた複数の開口部14a1および14a2それぞれのエッジ部EG上の液晶分子30aから傾斜し始め、その後周辺領域の液晶分子30aがエッジ部EG上の液晶分子30aの傾斜配向と整合するように傾斜することによって、放射状傾斜配向が形成される。したがって、1つの絵素領域内に形成する開口部14aの数が多いほど、電界に応答して最初に傾斜し始める液晶分子30aの数が多くなるので、絵素領域全体に亘って放射状傾斜配向が形成されるのに要する時間が短くなる。すなわち、絵素領域毎に絵素電極に形成する開口部14aの数を増やすことによって、液晶表示装置の応答速度を改善することができる。

【0080】このように、絵素領域毎に複数の開口部14a1および14a2を形成することによって、全方位的に視角特性に優れた表示品位を有する液晶表示装置が実現されるとともに、液晶表示装置の応答特性も改善される。

【0081】次に、図12および図13を参照しながら、複数の開口部14aのそれぞれの形状および相対配置と液晶分子30aの配向との関係を説明する。図12および13の1C-1C'線および1D-1D'線に沿った断面図は、図11に相当する。

【0082】図12および図13は、矩形的絵素電極15（絵素領域）を例示しているが、絵素電極15（上層導電層14）の外形の形状はこれに限られない。また、本発明による液晶表示装置は、1つの絵素領域について図12や図13に示した電極構成を1つだけ有するものに限らず、図12や図13に示した電極構成を1つの絵素領域内に複数有してもよい。また、絵素電極15（上層導電層14）の外周と開口部14aとの相対的な配置関係に特に制限はなく、複数の開口部14の一部が上層導電層14の外周を規定する辺または角に重なって形成されてもよい。このことは、複数の開口部14aを有する絵素領域を示す他の実施形態の液晶表示装置に対しても同じである。なお、絵素領域全体に亘って、液晶分子の配向を安定化（および応答速度の向上）のために好ましい、開口部14a間の相対配置については後述する。

【0083】まず、それぞれの開口部14aの形状は、先に説明したように、多角形や、円形または楕円形であってよい。液晶表示装置400の全ての方位角方向における視角特性を改善（表示のざらつきをなくす）ためには、開口部14aのそれぞれの形状は、高い回転対称性を有することが好ましいので、図12に示した正方形などの正多角形や、図13に示した円形が好ましい。それぞれの開口部14aの形状と液晶分子30aの配向状態との関係については、先の説明の通りなので、ここでは

説明を省略する。

【0084】また、複数の開口部14aを形成した構成においては、複数の開口部14aの相対的な配置が回転対称性を有することが好ましい。例えば、図12に示したように、正方形の上層導電層14（すなわち、絵素領域が正方形の場合）に、正方形の開口部14aを4個形成する場合、4個の開口部14aを正方形の上層導電層14の中心SAを軸に、回転対称性を有するように配置することが好ましい。図示したように、正方形の上層導電層14の中心SAが4回回転軸となるよう配置することが好ましい。このように配置すると、図12（b）および（c）に示したように、液晶層30に電圧を印加したときにそれぞれの開口部14aを中心に形成される放射状傾斜配向を有する領域が、上層導電層14の中心SAを軸に4回回転対称性を有する。その結果、液晶表示装置400の視角特性は全方位角方向に亘ってさらに均一化される。

【0085】図12においは、1つの絵素領域に4つの開口部14aを形成した構成を例示したが、開口部14aの数はこれに限らない。1つの絵素領域に形成する開口部14aの数は、絵素領域の大きさや形状、1つの開口部14aによって安定に放射状傾斜配向が形成される領域の大きさ、および応答速度を考慮して適宜設定される。1つの絵素領域に多数の開口部14aを形成する場合、視角特性の均一性を向上するためには、絵素領域全体に亘って、開口部14aの配置が回転対称性を有するように配置することが好ましいが、絵素領域の形状によっては、絵素領域全体に亘って回転対称性を有するように配置できない場合がある。できるだけ、広い面積に亘って回転対称性を有するように配置することが好ましい。例えば、絵素領域が長方形の場合には、長方形を複数の正方形に分割し、それぞれの正方形に対して回転対称性を有するように複数の開口部14aを形成することによって、十分均一な視角特性を有する液晶表示装置を得ることができる。

【0086】図12に示した正方形の開口部14aに代えて、円形の開口部14aを設けた構成を図13に示す。

【0087】図12を参照しながら上述したのと同様に、4つの開口部14aを上層導電層14の中心SAが4回回転軸となるように配置することによって、液晶表示装置の視角特性をさらに改善することができる。また、開口部14aの形状が円形の方が、多角形よりも、それぞれの開口部14aのエッジ部に沿った液晶分子30aの配向の連続性が高いので、液晶分子30aの放射状傾斜配向がより安定する。さらに、複数の開口部14aを設ける構成において、開口部14aの形状を円形とすると、隣接する開口部14aによって形成される放射状傾斜配向の間の連続性が高く、絵素領域内に形成される複数の放射状傾斜配向が安定しやすいという利点を得

られる。

【0088】例えば、図14に示したように、4つの円形の開口部14aがそれぞれの中心が長方形の角に位置するように配置された構成においても、その長方形の対角線上に位置する液晶分子30aが連続的な傾斜配向を形成することができる。これに対し、図14中の4つの開口部14aを正方形にすると、開口部14aの中心を結んで形成される長方形の対角線は、開口部14aの正方形の対角線と一致しないことから理解できるように、4つの開口部14aによって囲まれる領域内の液晶分子30aの配向は連続になり難い。一方、この4つの開口部14aの形状を、4つの開口部14aの中心が形成する長方形と相似関係にある長方形とすれば、上記の問題は解決するが、それぞれの開口部14a内に形成される放射状傾斜配向の連続性が低下する。したがって、開口部14aの形状や配置は、絵素領域の形状や大きさを考慮して適宜設定することが好ましい。

【0089】本実施形態の液晶表示装置の構成は、絵素電極15が開口部を有する2層構造電極であること以外は、公知の垂直配向型液晶表示装置と同じ構成を採用することができ、公知の製造方法で製造することができる。

【0090】下層導電層12となる透明導電層（典型的にはITO層）の堆積工程までは、公知の製造方法で実施できる。この導電層は、従来の液晶表示装置のプロセスにおいては、所定の形状にパターニングされ、絵素電極とされる。従来の液晶表示装置の製造プロセスにおける絵素電極のパターニング工程において、本実施形態の液晶表示装置の下層導電層12をパターニングすることができる。下層導電層のパターンは、絵素電極と同じでも良いし、上層導電層14に形成される開口部14aに対応するように分割したパターンとしてもよい。下層導電層12は、従来の絵素電極と同様にTFTのドレイン等に電気的に接続される。

【0091】下層導電層12をパターニングした基板の表面のほぼ全面に亘って誘電体層13を形成する。誘電体層13上に再び導電層を堆積する。得られた導電層をパターニングすることによって、開口部14aを有する上層導電層14を形成する。この上層導電層14の開口部14aに対応する領域の誘電体層13に凹部13rを形成する方法については、後に詳述する。

【0092】なお、上層導電層14をTFTのドレイン電極に接続するためのコンタクトホールを誘電体層13に予め形成しておく。この工程も公知のプロセスで実行することができる。上層導電層14と下層導電層12とを同電位で駆動させる構成を採用すると、例示したように、上層導電層14と下層導電層12とを同じTFTに接続すればよい。また、この構成を採用すると、従来の駆動回路をそのまま用いることができるという利点もある。



【0093】なお、典型的には、負の誘電異方性を有する液晶分子を垂直配向させるために、絵素電極15および対向電極22の液晶層30側表面には垂直配向層（不図示）が形成されている。垂直配向層は、誘電体層13の開口部13aおよび上層導電層14が形成された後に、基板の表示領域に印刷によって形成される。

【0094】液晶材料としては、負の誘電異方性を有するネマチック液晶材料が用いられる。また、負の誘電異方性を有するネマチック液晶材料に2色性色素添加することによって、ゲストーホストモードの液晶表示装置を得ることもできる。ゲストーホストモードの液晶表示装置は、偏光板を必要としない。

【0095】以下に、本発明による液晶表示装置の具体的な構造の例示し、特に、凹部13rを有する誘電体層13の構造およびその好ましい形成方法を説明する。

【0096】（実施形態1）本実施形態1の透過型液晶表示装置500の平面構造を図15に、図15のA-A'線での断面図を図16に示す。

【0097】液晶表示装置500は、TFT基板500aと、対向基板500bと、これらの間に配設された垂直配向液晶層30とを有している。マトリクス状に配列された絵素領域のそれぞれは、絵素電極15と対向電極22とに印加される電圧によって駆動される。絵素電極15は、信号電圧が与えられるソース配線43にTFT44を介して接続されており、TFT44はゲート配線41から与えられる走査信号によってそのスイッチングが制御される。走査信号によってON状態とされたTFT44に接続されている絵素電極15に信号電圧が印加される。

【0098】絵素電極15は、下層導電層12と、上層導電層14と、これらの間に設けられた誘電体層（第1誘電体層13aおよび第2誘電体層（例えば感光性樹脂層）13b）とを有している。下層導電層12と上層導電層14とは、コンタクトホール45において互いに電気的に接続されている。上層導電層14は、開口部14aを有しており、電圧印加時にはそのエッジ部に斜め電界を発生する。開口部14aは、ゲート配線41と、ソース配線43と、補助容量配線42とによって囲まれる領域に4個ずつ形成されている。絵素領域ごとに8つの開口部14aが形成されている。

【0099】なお、補助容量配線42は、絵素領域のほぼ中央付近をゲート配線41と平行に延びるように形成されている。補助容量配線42は、ゲート絶縁層46を介して対向する下層導電層12と、補助容量を形成する。補助容量は、絵素容量の保持率を向上するために設けられる。勿論、補助容量を省略してもよいし、補助容量の構造は上記の例に限られない。

【0100】液晶表示装置500において、下層導電層12上に設けられている誘電体層13は、第1誘電体層13aと第2誘電体層13bとから形成されている。第

1誘電体層（「保護層」とも言う）13aの、後に形成される上層導電層14にパターンニングされる開口部14aに対向する領域に、開口部14aと同様の形状の開口部13a'が形成されている。この第1誘電体層13a上に、例えば、感光性樹脂を塗布することによって、第2誘電体層13bが形成されている。開口部13a'を有する第1誘電体層13a上に第2誘電体層13bを形成する過程で、第1誘電体層13aの第1開口部13a'に、第2誘電体層13bの材料（例えば感光性樹脂）が落ち込むので、第1開口部13a'と自己整合的に凹部13rが形成される。感光性樹脂材料を第1誘電体層13a上に付与する方法は、塗布法に限られず、例えば印刷法を用いてもよい。第2誘電体層にコンタクトホールを形成することを考慮すると、工程を簡略化できるので、感光性樹脂を用いることが好ましいが、これに限られない。また、SiO<sub>x</sub>やSiN<sub>x</sub>などの無機絶縁材料を薄膜堆積法を用いて堆積してもよい。第1誘電体層13aに形成された第1開口部13a'による表面段差（表面の高さの差）を反映するように絶縁材料を付与できれば、材料や付与方法に特に制限はない。

【0101】凹部13rの深さは、第1誘電体層13aの厚さ、および第2誘電体層13bとなる感光性樹脂の粘度および塗布条件などにより制御することができる。従って、感光性樹脂層を露光する際の光量を調整することによって、凹部13rの深さを調整する方法に比べて、生産性および再現性に優れている。

【0102】図16に示した液晶表示装置500では、第1誘電体層13aに設けた開口部13a'によって、第2誘電体層13bの凹部13rを形成したが、図17に示す液晶表示装置500'のように、下層導電層12の下に設けられるゲート絶縁膜46に、上層導電層14の開口部14aに対応する領域に開口部46aを形成してもよい。下層導電層12は、例えば、図示したように、ゲート絶縁膜46の開口部46aを少なくとも覆うように形成される。ゲート絶縁膜46にも開口部46aを形成することによって、第1誘電体層13aを厚くすることなく、凹部13rを深くすることができる。

【0103】さらに、図18に示した液晶表示装置500''のように、第1誘電体層13aを下層導電層12の下に形成してもよい。このような構成を採用すると、ゲート絶縁層46の開口部46aと第1誘電体層13の第1開口部13a'とを一回のフォトリソグラフィ工程で、一括に形成することが可能となり、生産効率が向上する。勿論、ゲート絶縁層46および第1誘電体層13をエッチング工程を同一のエッチャントを用いてエッチングできるように、材料を選定することが好ましい。

【0104】次に、上述した液晶表示装置500、500'および500''の製造方法を説明する。

【0105】図19(a)～(e)は、液晶表示装置500のTFT基板500aの製造工程を模式的に示す断



面図である。

【0106】図19(a)に示すように、絶縁性透明基板(例えばガラス基板)11上に、必要に応じて、ベースコート膜として $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{SiO}_2$ などからなる絶縁層(不図示)を形成する。その後、Al、Mo、Taなどからなる金属層をスパッタリング法で形成し、パターンニングすることによってゲート電極48(ゲート信号線41も含む)を形成する。ここでは、Taを用いてゲート電極48を形成する。このとき、補助容量信号線42を同じ材料を用いて同じ工程で形成する。次に、ゲート電極48を覆うように、基板11の表面のほぼ全面にゲート絶縁層46を形成する。ここでは、厚さ約300nmの $\text{SiN}_x$ 膜をP-CVD法により堆積し、ゲート絶縁層46を形成する。なお、ゲート電極48を陽極酸化して、このゲート陽極酸化膜49をゲート絶縁層として用いることもできる。勿論、陽極酸化膜と $\text{SiN}_x$ などの絶縁層とを備える2層構造としてもよい。

【0107】ゲート絶縁層46上に、チャネル層50および電極コンタクト層51となるSi層を連続してCVD法で堆積する。チャネル層50には、厚さ約150nmのアモルファスSi層を用い、電極コンタクト層51には厚さ約50nmのリン等の不純物をドーピングしたアモルファスSiまたは微結晶Si層を用いる。これらのSi層を $\text{HCl} + \text{SF}_6$ の混合ガスによるドライエッチング法などによりパターンニングすることによって、チャネル層50および電極コンタクト層51を形成する。

【0108】その後、図19(b)に示すように、下層導電層12を構成する透明導電膜(ITO)をスパッタリング法により約150nm堆積する。続いて、Al、Mo、Taなどからなる金属膜を積層する。ここでは、Taを用いる。これらの金属層をパターンニングすることによって、ソース信号線43、ソース電極52およびドレイン電極53を形成する。次いで、透明導電膜をパターンニングし、下層導電層12を形成する。そして、ドライエッチング法により、電極コンタクト層51をパターンニングして薄膜トランジスタ(TFT)のチャネル部を形成する。

【0109】次に、図19(c)に示すように、 $\text{SiN}_x$ などからなる絶縁膜をCVD法にて約600nm堆積した後、パターンニングすることによって第1誘電体層(保護層)13aを形成する。パターンニングの際に、後工程で形成する開口部14aと対向する位置に第1開口部13a'を形成する。また、下層導電層12と上層導電層14とを電気的に接続するためのコンタクトホール45も補助容量配線42上に同時に形成する。

【0110】次に、図19(d)に示すように、この第1誘電体層13a上に第2誘電体層13bとなる感光性樹脂を塗布する。この際に、先に形成した第1開口部13a'に感光性樹脂が落ち込む(流れ込む)ことによって、開口部13aに対して自己整合的に凹部13rが形

成された第2誘電体層13bが得られる。第2誘電体層13bの感光性樹脂を露光および現像することによって、下層導電層12と上層導電層14とを電気的に接続するためのコンタクトホール45を形成する。感光性樹脂層は、例えば、ポジ型感光性樹脂(JSR社製のアクリル樹脂:比誘電率3.7)を用い、約1.5 $\mu\text{m}$ の厚さに形成される。この時、感光性樹脂の粘度および塗布条件を調整することにより、凹部13rの深さを調整することができる。なお、感光性の無い樹脂を用いて、別途フォトリソストを用いるフォトリソグラフィ工程で、第2誘電体層13bを形成してもよい。

【0111】次に、図19(e)に示すように、第2誘電体層13b上に、上層導電層14を構成する透明導電膜(ITO)をスパッタリング法により約100nmの厚さに積層する。この後、常法に従って透明導電膜をパターンニングし、開口部14aを有する上層導電層14を形成する。

【0112】このようにして、ITO層からなる下層導電層12と、ITO層からなる上層導電層14と、これらの間にある誘電体層13とから構成される2層構造の絵素電極を備えるTFT基板500aが得られる。

【0113】ここでは、上層導電層14と下層導電層12の間に挟まれた誘電体層13は第1誘電体層13aと第2誘電体層13bとの2層で形成されているが、その必要は無く、さらに他の層を含んでもよい。誘電体層13を形成する材料の種類や層数に制限は無い。光の利用効率が低下しないように、透明性の高い材料を用いることが好ましい。また、第2誘電体層13bを感光性樹脂を用いて形成すると、コンタクトホール45を形成する工程を簡略化できる利点を得られる。第1開口部13a'を有する第1誘電体層13aの厚さは、第2誘電体層を形成する材料の粘度や塗布条件とともに、凹部13rの深さに影響を与えるので、所定の深さが得られるように、調整され得る。

【0114】一方、対向基板500bは、カラーフィルター基板21上に、例えば、スパッタリング法を用いてITOからなる対向電極22を形成する。そして、最後に、垂直配向膜の形成工程、対向基板との貼り合わせ工程、および負の誘電異方性を有するネマチック液晶材料の注入工程などを経て、液晶表示装置500が得られる。これらの工程は、公知の方法で実行される。

【0115】次に、図17に示した液晶表示装置500'の製造方法を説明する。TFT基板500a'以外の構成は、図16に示した液晶表示装置500と同じなので、その製造方法の説明はここでは省略する。

【0116】図20(a)～(e)は、液晶表示装置500'のTFT基板500a'の製造工程を模式的に示す断面図である。

【0117】図20(a)に示すように、絶縁性透明基板(例えばガラス基板)11上に、必要に応じて、ベ-

スコート膜として $Ta_2O_5$ 、 $SiO_2$ などからなる絶縁層（不図示）を形成する。その後、Al、Mo、Taなどからなる金属層をスパッタリング法で形成し、パターニングすることによってゲート電極48（ゲート信号線41も含む）を形成する。ここでは、Taを用いてゲート電極48を形成する。このとき、補助容量信号線42を同じ材料を用いて同じ工程で形成する。次に、ゲート電極48を覆うように、基板11の表面のほぼ全面にゲート絶縁層46を形成する。ここでは、厚さ約300nmの $SiNx$ 膜をP-CVD法により堆積し、ゲート絶縁層46を形成する。このゲート絶縁層46をパターニングする際に、開口部14aと対向する位置に、開口部46aを形成する。なお、ゲート電極48を陽極酸化して、このゲート陽極酸化膜49をゲート絶縁層として用いることもできる。勿論、陽極酸化膜と $SiNx$ などの絶縁層とを備える2層構造としてもよい。

【0118】ゲート絶縁層46上に、チャネル層50および電極コンタクト層51となるSi層を連続してCVD法で堆積する。チャネル層50には、厚さ約150nmのアモルファスSi層を用い、電極コンタクト層51には厚さ約50nmのリン等の不純物をドーピングしたアモルファスSiまたは微結晶Si層を用いる。これらのSi層を $HCl + SF_6$ の混合ガスによるドライエッチング法などによりパターニングすることによって、チャネル層50および電極コンタクト層51を形成する。

【0119】その後、図20(b)に示すように、下層導電層12を構成する透明導電膜(ITO)をスパッタリング法により約150nm堆積する。続いて、Al、Mo、Taなどからなる金属膜を積層する。ここでは、Taを用いる。これらの金属層をパターニングすることによって、ソース信号線43、ソース電極52およびドレイン電極53を形成する。次いで、透明導電膜をパターニングし、下層導電層12を形成する。そして、ドライエッチング法により、電極コンタクト層51をパターニングして薄膜トランジスタ(TFT)のチャネル部を形成する。

【0120】次に、図20(c)に示すように、 $SiNx$ などからなる絶縁膜をCVD法にて約600nm堆積した後、パターニングすることによって第1誘電体層(保護層)13aを形成する。パターニングの際に、ゲート絶縁層46の開口部46aと対向する領域に第1開口部13a'を形成する。ゲート絶縁層46の開口部46aと第1開口部13a'との両方を形成することで、凹部13rをより深くすることができる。また、下層導電層12と上層導電層14とを電気的に接続するためのコンタクトホール45も補助容量配線42上に同時に形成する。

【0121】以降の工程は、図20(d)および図20(e)に示すように、図19(d)および図19(e)を参照して説明したのと同様にして、TFT基板500

a'が作製される。

【0122】次に、図18に示した液晶表示装置500'の製造方法を説明する。TFT基板500a'以外の構成は、図16に示した液晶表示装置500と同じなので、その製造方法の説明はここでは省略する。

【0123】図21(a)～(e)は、液晶表示装置500'のTFT基板500a'の製造工程を模式的に示す断面図である。

【0124】図21(a)に示すように、図19(a)を参照しながら上述した工程と同様の方法で、ゲート電極48、補助容量信号線42、ゲート絶縁層46、チャネル層50および電極コンタクト層51を形成する。

【0125】次に、図21(b)に示すように、Al、Mo、Taなどからなる金属膜を積層する。ここでは、Taを用いる。これらの金属層をパターニングすることによって、ソース信号線43、ソース電極52およびドレイン電極53を形成する。そして、ドライエッチング法により、電極コンタクト層51をパターニングして薄膜トランジスタ(TFT)のチャネル部を形成する。

【0126】次に、図21(c)に示すように、 $SiNx$ などからなる絶縁膜をCVD法にて約600nm堆積した後、第1誘電体層13aおよびゲート絶縁層46を同時にパターニングし、第1開口部13a'および開口部46aを形成する。この構成を採用すると、図20を参照しながら上述した製造方法よりも、フォトリソグラフィ工程を削減できるという利点がさらに得られる。

【0127】次に、下層導電層12を構成する透明導電膜(ITO)をスパッタリング法により約150nm堆積した後パターニングし、下層導電層12を形成する。

【0128】以降の工程は、図21(d)および図21(e)に示すように、図19(d)および図19(e)を参照して説明したのと同様にして、TFT基板500a'が作製される。

【0129】上述したように、本実施形態の液晶表示装置における誘電体層13は、第1誘電体層13aおよび第2誘電体層13bを含む積層構造を有し、開口部13a'を有する第1誘電体層13の上に、開口部13a'を覆うように第2誘電体層13bを形成することによって、開口部13a'による表面段差を反映した表面形状、すなわち、凹部13rを得ている。従って、感光性樹脂を用いて形成された誘電体層13に対して、露光量を調節したフォトリソグラフィ工程を別途実行する必要が無いので、工程を簡略化できるとともに、フォトマスクのアライメントによる位置精度の低下も起こらない。また、凹部13rの深さの精度も高くなる。

【0130】さらに、開口部13aが形成される第1誘電体層13は、一般のTFT基板において保護膜として形成される膜を利用でき、且つ、開口部13aの形成は、保護層をパターニングする工程に用いるマスクのパターンを変更するだけでよく、追加の工程は必要な



い。また、ゲート絶縁膜46に開口部46aを形成する場合にも、工程の追加は必要ない。勿論、凹部の深さを調節するために、同様の開口部を有する他の誘電体層を追加しても良い。特に、上層導電層14を反射電極とする透過反射両用型液晶表示装置を構成する場合には、反射領域(上層導電層14によって規定され、反射モードで表示を行う領域)の液晶層の厚さ(図1中のd1に相当)を透過領域(上層導電層14の開口部14aで規定され、透過モードで表示を行う領域)の液晶層の厚さ(図1のd2に相当)の約1/2とすることが好ましく、その場合には、別途誘電体層を追加することが好ましい。

【0131】このように、本実施形態によると、高い生産性で、且つ、再現性良く製造できる、表示品位の優れた液晶表示装置およびその製造方法が提供される。

(実施形態2) 実施形態1の液晶表示装置は、開口部13a'を有する第1誘電体層13aの上に第2誘電体層13bを形成することによって、凹部13rを有する誘電体層13が形成されていた。それに対し、図22に示したように、本実施形態の液晶表示装置600は、開口部を有する第1誘電体層を含む積層構造を形成することなく、凹部13rを有する誘電体層13'が形成されている。

【0132】図23を参照しながら、凹部13rを有する誘電体層13'を備える、液晶表示装置600のTF T基板600aの製造方法を説明する。

【0133】図23(a)および(b)に示すように、実施形態1において図19(a)および(b)を参照しながら上述した工程と同様の方法で、ゲート電極48、補助容量信号線42、ゲート絶縁層46、チャネル層50および電極コンタクト層51、ソース信号線43、ソース電極52およびドレイン電極53および下層導電層12を形成する。

【0134】その後、図23(c)に示すように、誘電体層13'となる感光性樹脂層を基板のほぼ全面に形成する。この感光性樹脂層に、上層導電層14と下層導電層12とを電気的に接続するためのコンタクトホール45を形成する。感光性樹脂層は、例えば、ポジ型感光性樹脂(JSR社製のアクリル樹脂:比誘電率3.7)を用い、約1.5μmの厚さに形成される。なお、感光性の無い樹脂を用いて、別途フォトリソグラフィ工程で、誘電体層13'を形成してもよい。

【0135】次に、図23(d)に示すように、上層導電層14を構成する透明導電膜(ITO)をスパッタリング法により約100nmの厚さに積層する。この後、常法に従って透明導電膜をパターニングし、開口部14aを有する上層導電層14を形成する。

【0136】次に、図23(e)に示すように、上層導電層14をマスクとして、例えば、CF<sub>4</sub>+O<sub>2</sub>ガスを用

いてドライエッチングすることによって、上層導電層14の開口部14a内の誘電体層13'を部分的に(厚さ方向)除去することによって、凹部13rを形成する。凹部13rの深さは、エッチング条件(例えば時間)を調整することによって制御される。

【0137】上述したように、本実施形態の液晶表示装置における誘電体層13'の凹部13rは、上層導電層14をマスクとして、誘電体層13'を部分的に除去することによって形成されている。従って、感光性樹脂を用いて形成された誘電体層13に対して、露光量を調節したフォトリソグラフィ工程を別途実行する必要が無いので、工程を簡略化できるとともに、フォトマスクのアライメントによる位置精度の低下も起こらない。また、凹部13rの深さの精度も高くなる。

【0138】さらに、誘電体層の薬液耐性という観点でもプロセスマージンが増すという利点がある。従来のように、誘電体層13に凹部を形成した後で、上層導電層14および開口部14aを形成する工程を実行する場合、上層導電層14をパターニングするために用いたレジストを剥離する工程において、誘電体層13を形成するアクリル系樹脂などは、レジスト剥離液(特に、アミン系剥離液)に対する耐性が高くないので、凹部13rにおいて、浮きや剥がれが生じないように、プロセス条件を制御する必要がある。これに対し、本実施形態の形成方法によると、上層導電層14をパターニングし、開口部14aを形成した後で、誘電体層13に凹部13rを形成するので、上層導電層14のパターニングに用いたレジストを剥離する工程では、誘電体層13に凹部13rが形成されていないので、レジスト剥離液によるダメージを受け難く、プロセスマージンが広がる。

【0139】本実施形態による凹部13rの形成方法は、実施形態1で例示した凹部13rの形成方法と組み合わせることもできる。特に、上層導電層14を反射電極とする透過反射両用型液晶表示装置を構成する場合に、反射領域の液晶層の厚さと液晶層の厚さを調整するために、深い凹部13rが要求される場合に、有効である。また、反射電極(上層導電層14)をA1を用いて形成した場合にも、例えば、CF<sub>4</sub>+O<sub>2</sub>ガスを用いてドライエッチングすることによって、上層導電層14の開口部14a内の誘電体層13'を部分的に除去することができる。また、誘電体層13'を除去する工程は、ドライエッチング法の他に、例えば、O<sub>2</sub>アッシング法を用いて実行することができる。

【0140】

【発明の効果】本発明によると、開口部を有する上層導電層と、誘電体層と、下層導電層とを備える2層構造電極によって、上層導電層の開口部のエッジ部に斜め電界を生成し、それによって垂直配向性液晶層の液晶分子を放射状傾斜配向させるので、安定に再現性よく放射状傾斜配向を形成することができる。さらに、誘電体層は、



上層導電層に対応する領域に凹部（誘電体層の高さが低い領域）を有しているため、印加電圧とリタデーションとの関係を絵素領域内の場所で均一にすることができ、高品位な表示が可能な液晶表示装置が提供される。特に、表面が平坦な誘電体層を有する透過型表示装置と比較し、上層導電層の開口部に対応する領域の液晶層に印加される電圧の低下による透過率の減少（光の利用効率の低下）が抑制される利点がある。また、上層導電層が複数の開口部を有する構成を採用すると、絵素領域全体に亘って安定な放射状傾斜配向が得られるとともに、応答速度の低下が抑制された液晶表示装置が提供される。

【0141】また、本発明によると、誘電体層の凹部を再現性良く簡便な製造プロセスで形成できるので、上述の表示品位の優れた液晶表示装置を高い生産性で製造できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による実施形態の液晶表示装置100の一絵素領域の断面を模式的に示す図である。

【図2】（a）および（b）は、それぞれ本発明による実施形態の他の液晶表示装置100'および100''の一絵素領域の断面を模式的に示す図である。

【図3】（a）、（b）および（c）は、従来の液晶表示装置200の一絵素領域を模式的に示す断面図である。

【図4】比較のための液晶表示装置300の一絵素領域を模式的に示す断面図である。

【図5】電気力線と液晶分子の配向の関係を模式的に示す図である。

【図6】本発明による実施形態の液晶表示装置における、基板法線方向から見た液晶分子の配向状態を模式的に示す図である。

【図7】（a）および（b）は液晶分子の渦巻き状放射状傾斜配向の例を示す模式図である。

【図8】液晶分子の放射状傾斜配向の例を模式的に示す図である。

【図9】本発明による実施形態の液晶表示装置における、基板法線方向から見た液晶分子の配向状態を模式的に示す図である。

【図10】液晶分子の放射状傾斜配向の例を模式的に示す図である。

【図11】本発明による実施形態の液晶表示装置400の一絵素領域の断面構造を模式的に示す図である。

【図12】（a）～（c）は、複数の正方形の開口部の

相対配置と液晶分子の配向との関係を模式的に示す図である。

【図13】（a）～（c）は、複数の円形の開口部の相対配置と液晶分子の配向との関係を模式的に示す図である。

【図14】複数の円形の開口部の他の相対配置と液晶分子の配向との関係を模式的に示す図である。

【図15】本発明による実施形態1の液晶表示装置500の絵素領域を模式的に示した平面図である。

【図16】実施形態1の液晶表示装置500の絵素領域の模式的な断面図である。

【図17】実施形態1の液晶表示装置500'の絵素領域の模式的な断面図である。

【図18】実施形態1の液晶表示装置500''の絵素領域の模式的な断面図である。

【図19】実施形態1の液晶表示装置500のTFT基板500aのプロセス断面図である。

【図20】実施形態1の液晶表示装置500'のTFT基板500a'のプロセス断面図である。

【図21】実施形態1の液晶表示装置500''のTFT基板500a''のプロセス断面図である。

【図22】実施形態2の液晶表示装置600の絵素領域の模式的な断面図である。

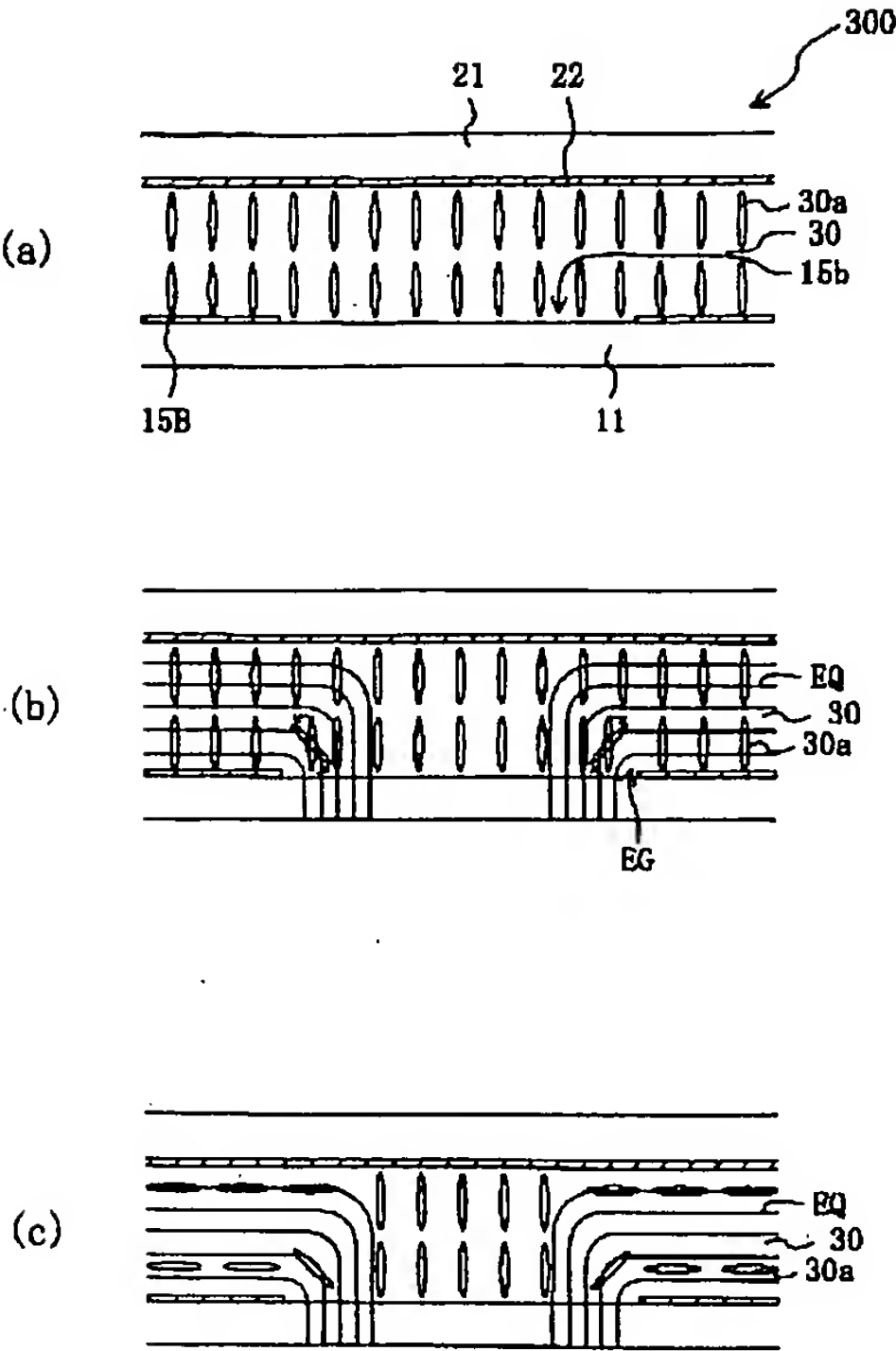
【図23】実施形態2の液晶表示装置600のTFT基板600aのプロセス断面図である。

#### 【符号の説明】

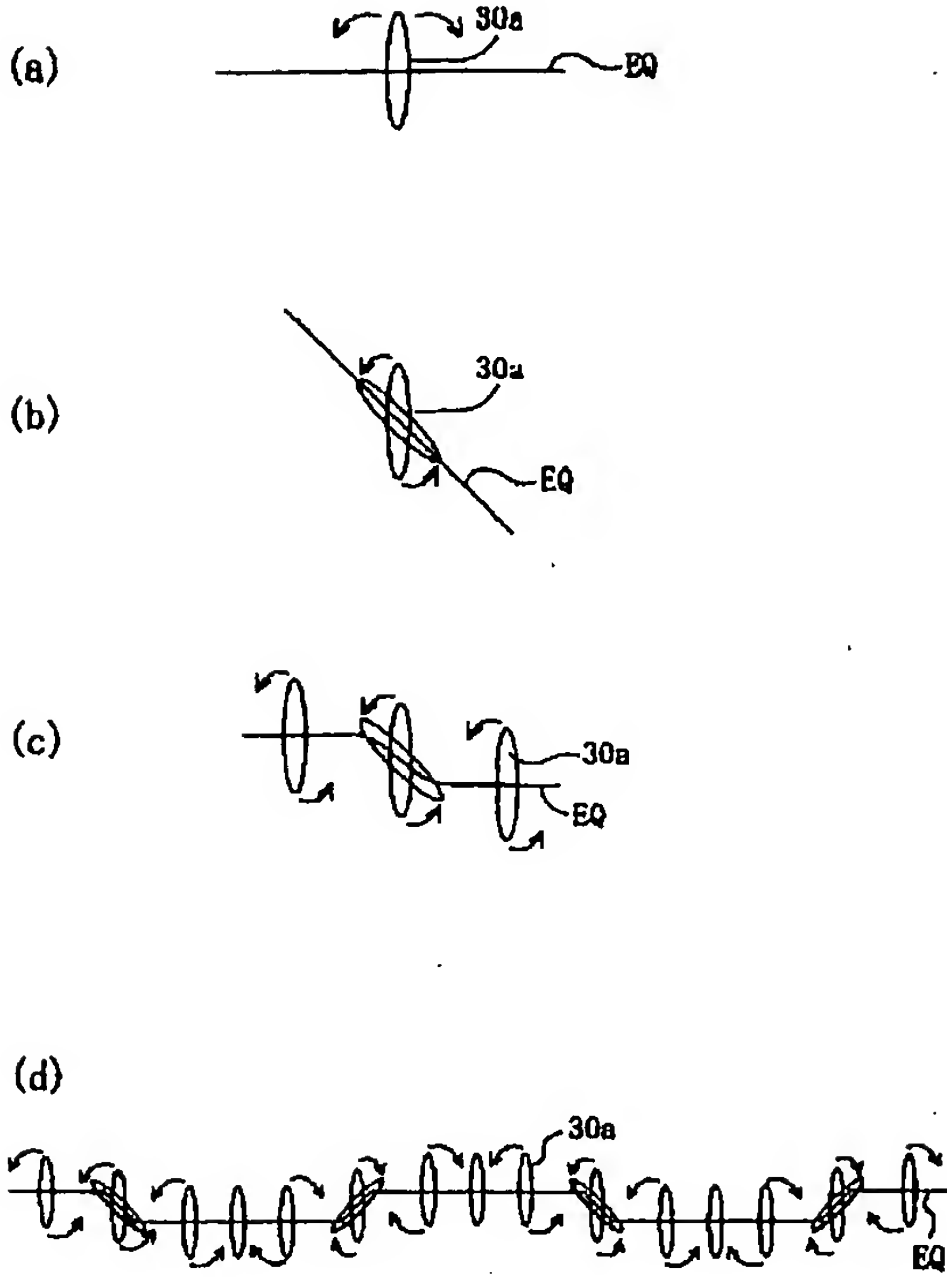
- 11、21 透明絶縁性基板
- 12 下層導電層
- 13、13' 誘電体層
- 13a 第1誘電体層（保護層）
- 13a 第1誘電体層の開口部
- 13b 第2誘電体層（感光性樹脂層）
- 13r 凹部
- 14 上層導電層
- 14a 開口部
- 15 絵素電極（2層構造電極）
- 22 対向電極
- 30 液晶層
- 30a 液晶分子
- 100、100'、100'' 液晶表示装置
- 100a TFT基板
- 100b 対向基板



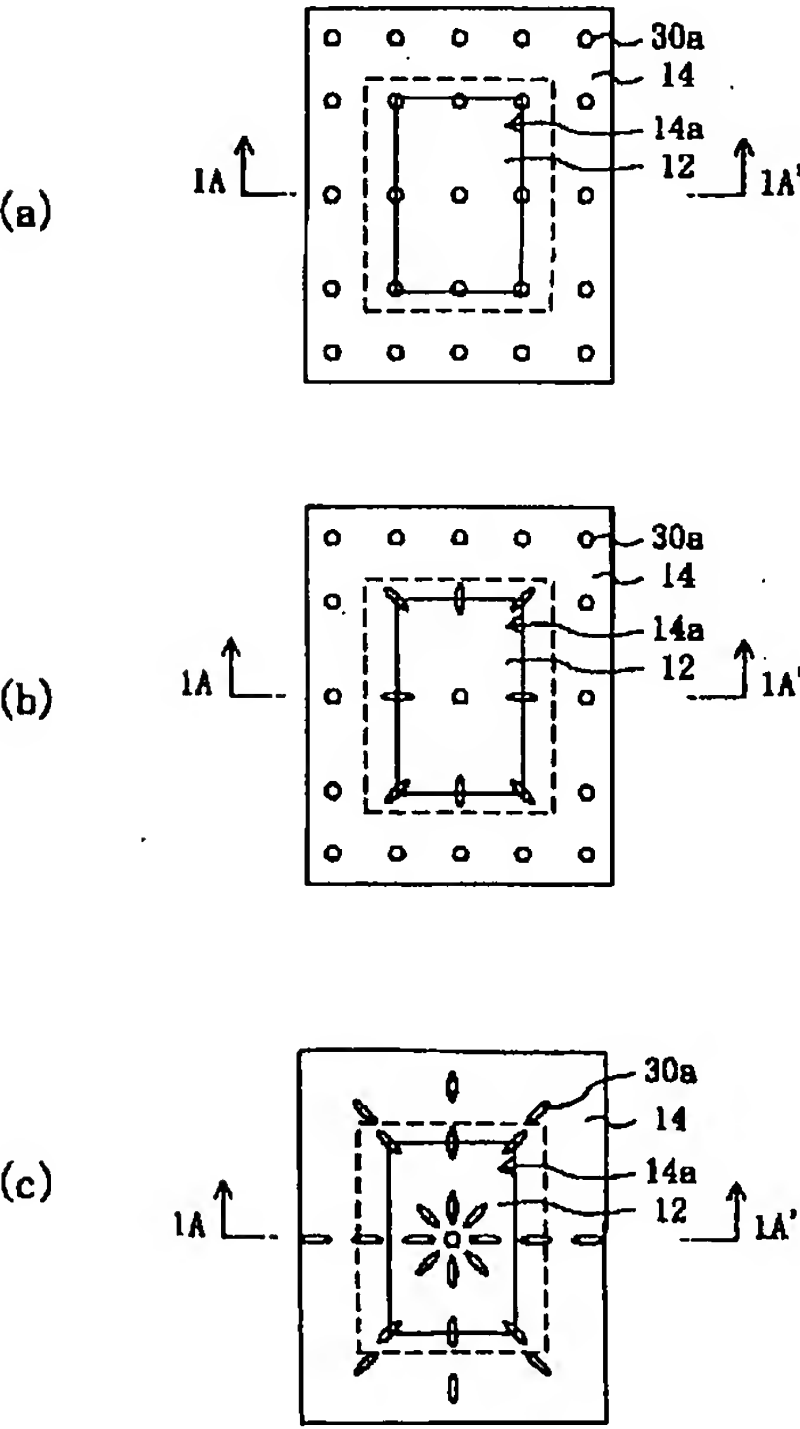
【図4】



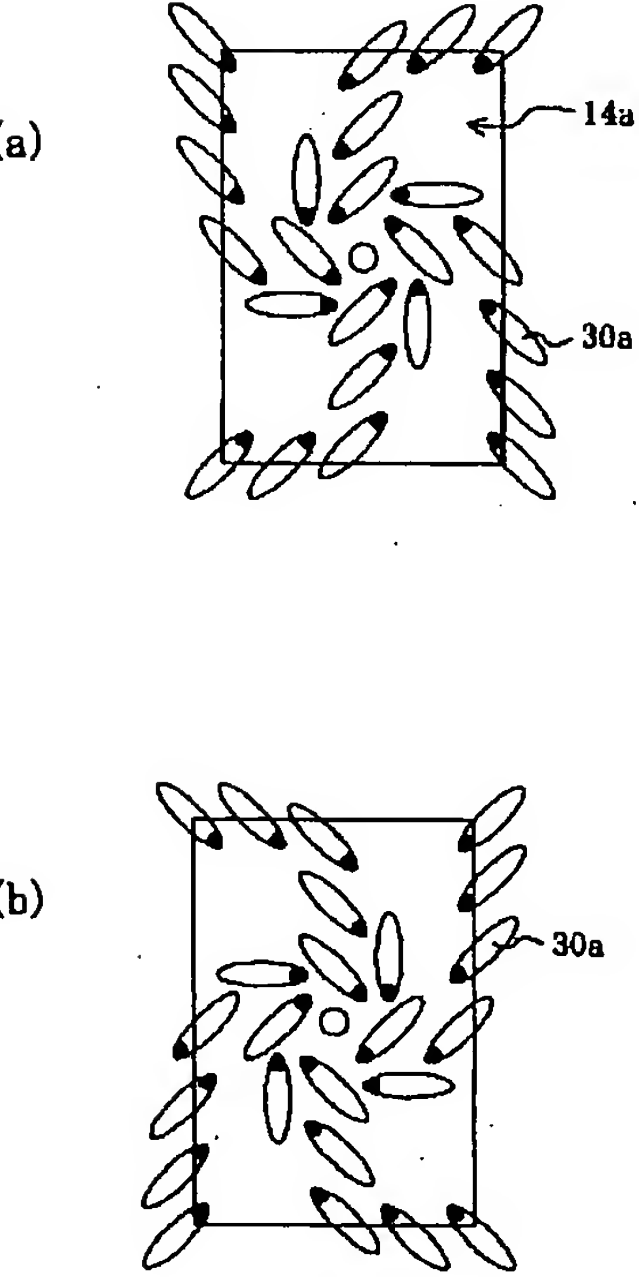
【図5】



【図6】

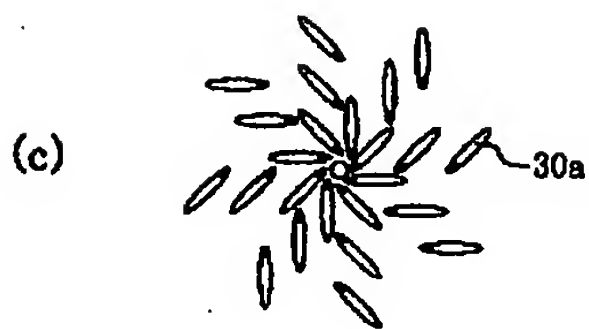
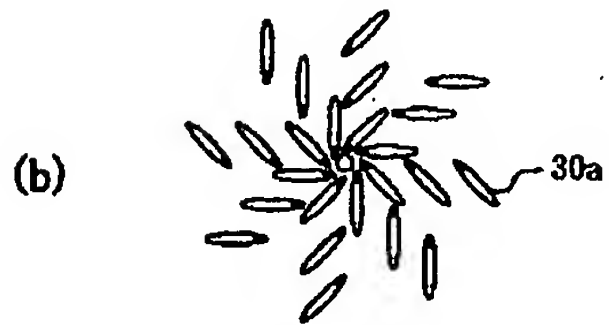
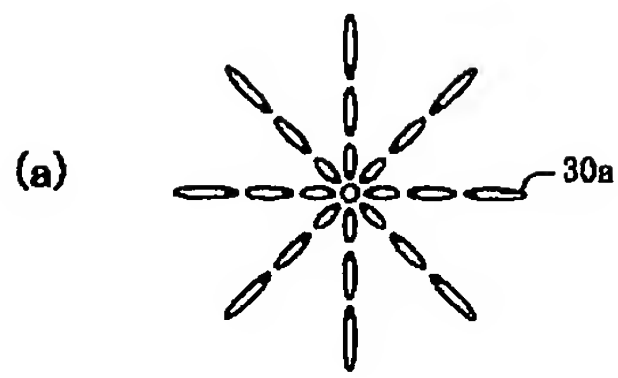


【図7】

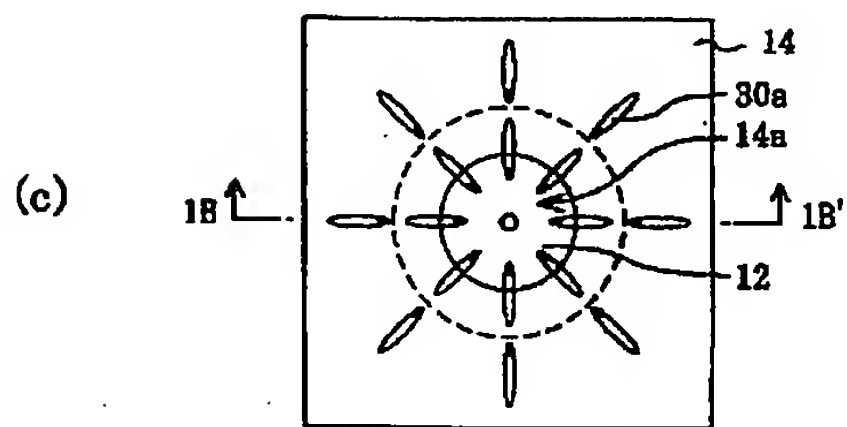
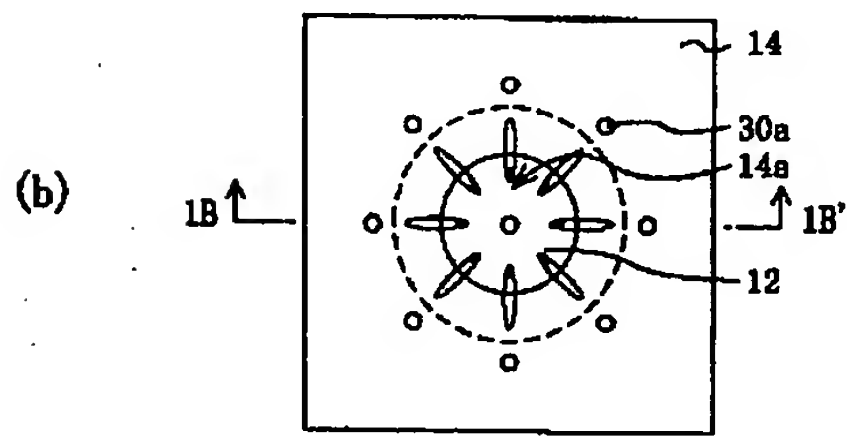
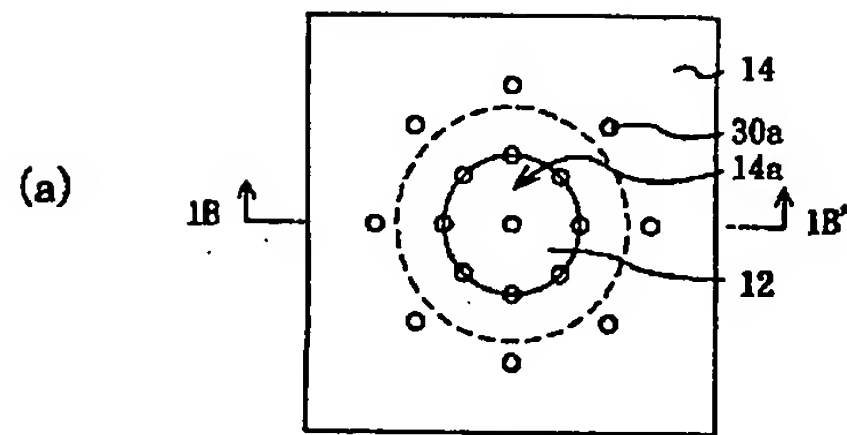




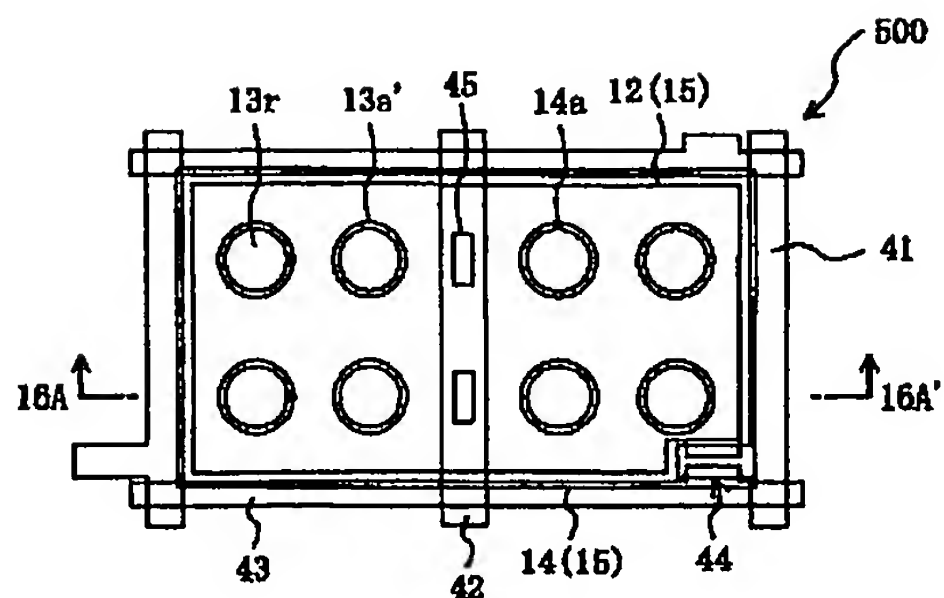
【図8】



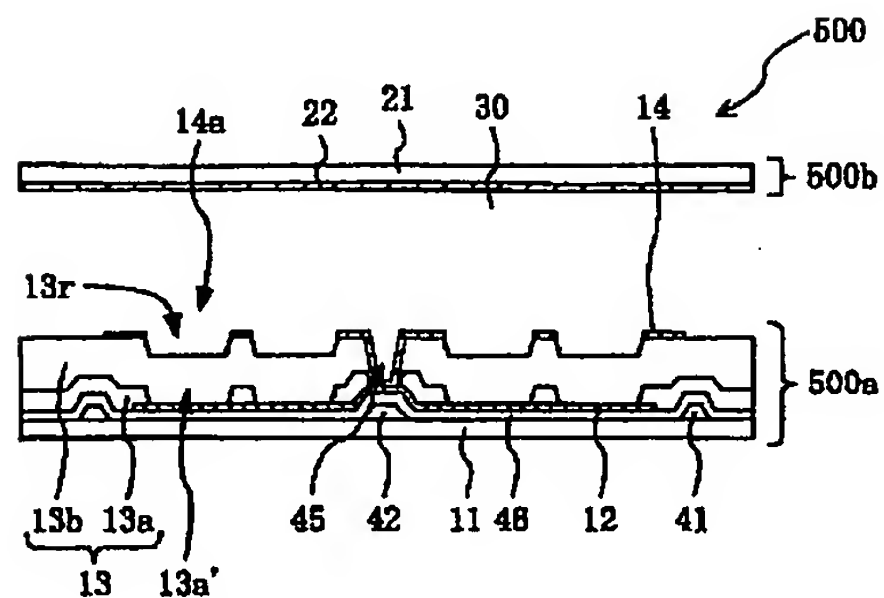
【図9】



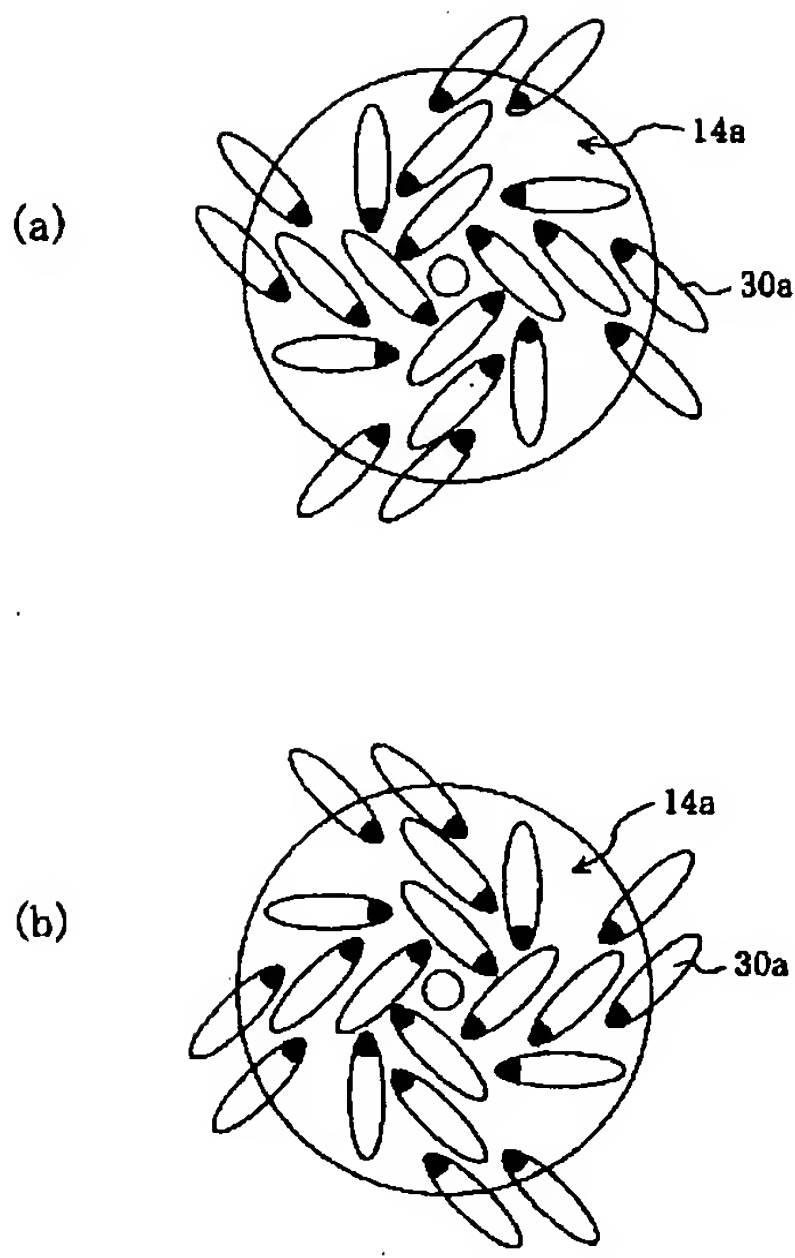
【図15】



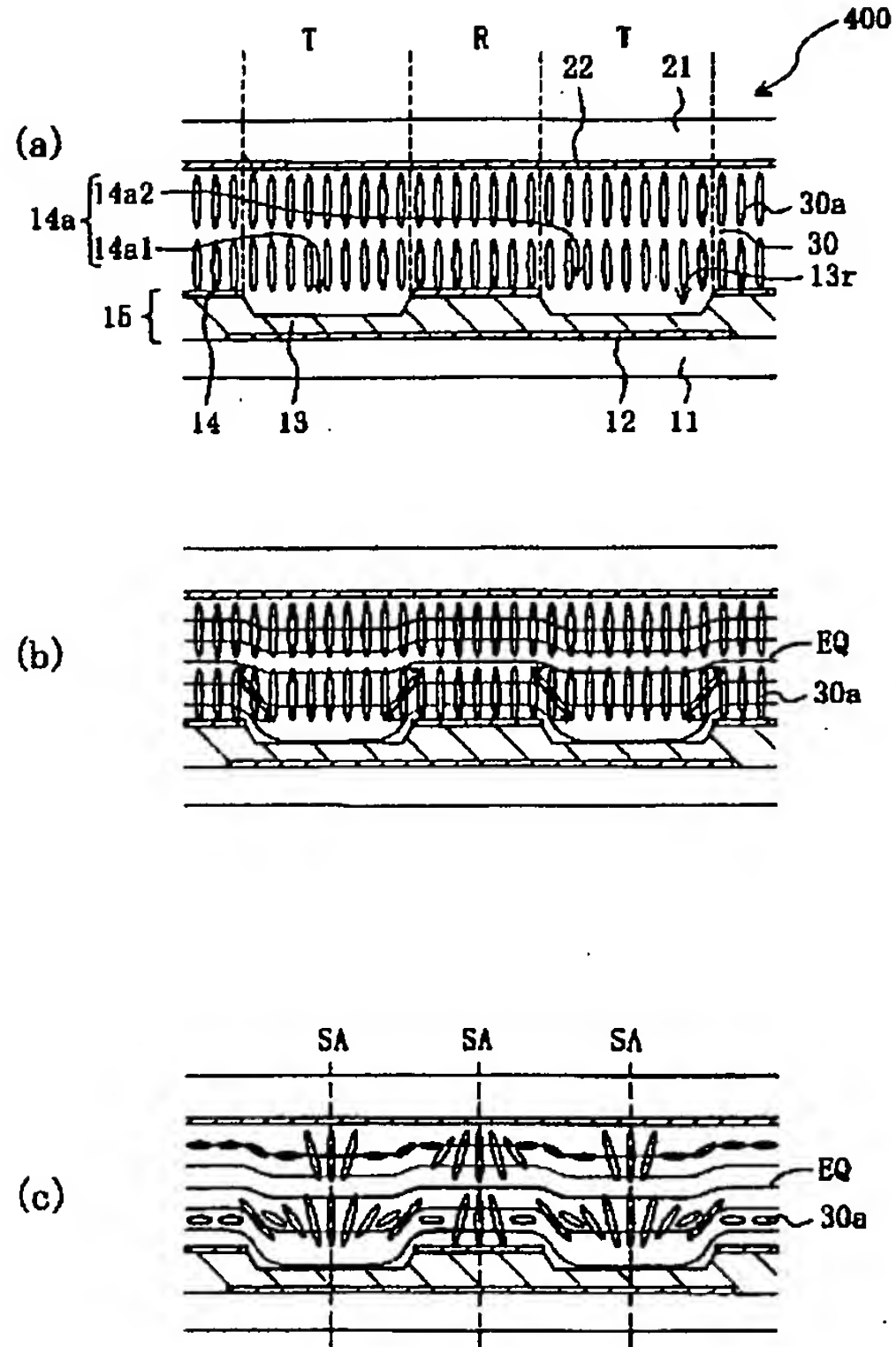
【図16】



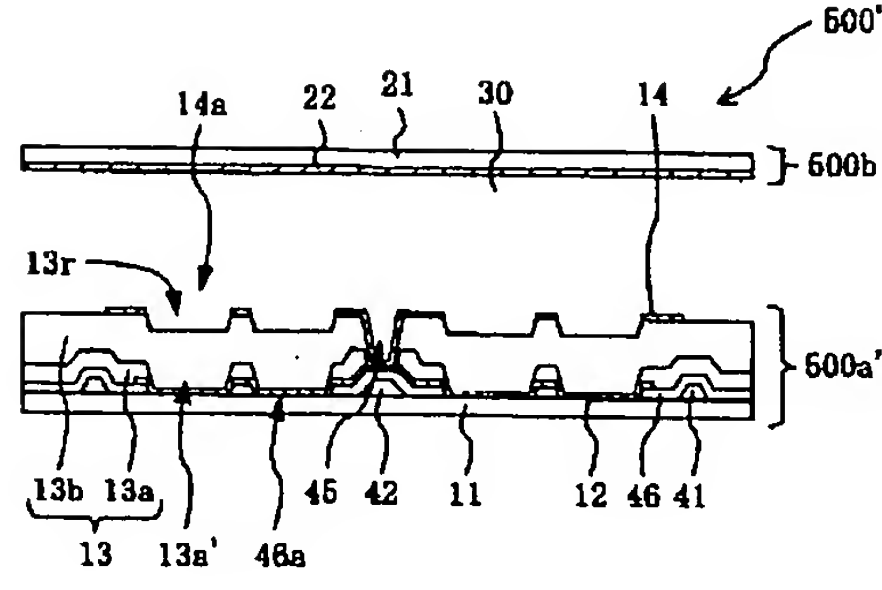
【図10】



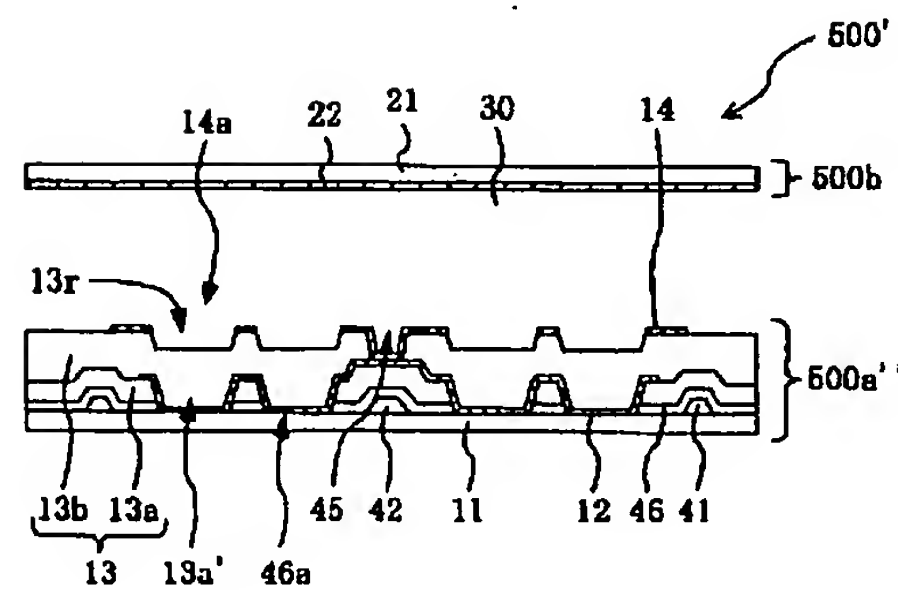
【図11】



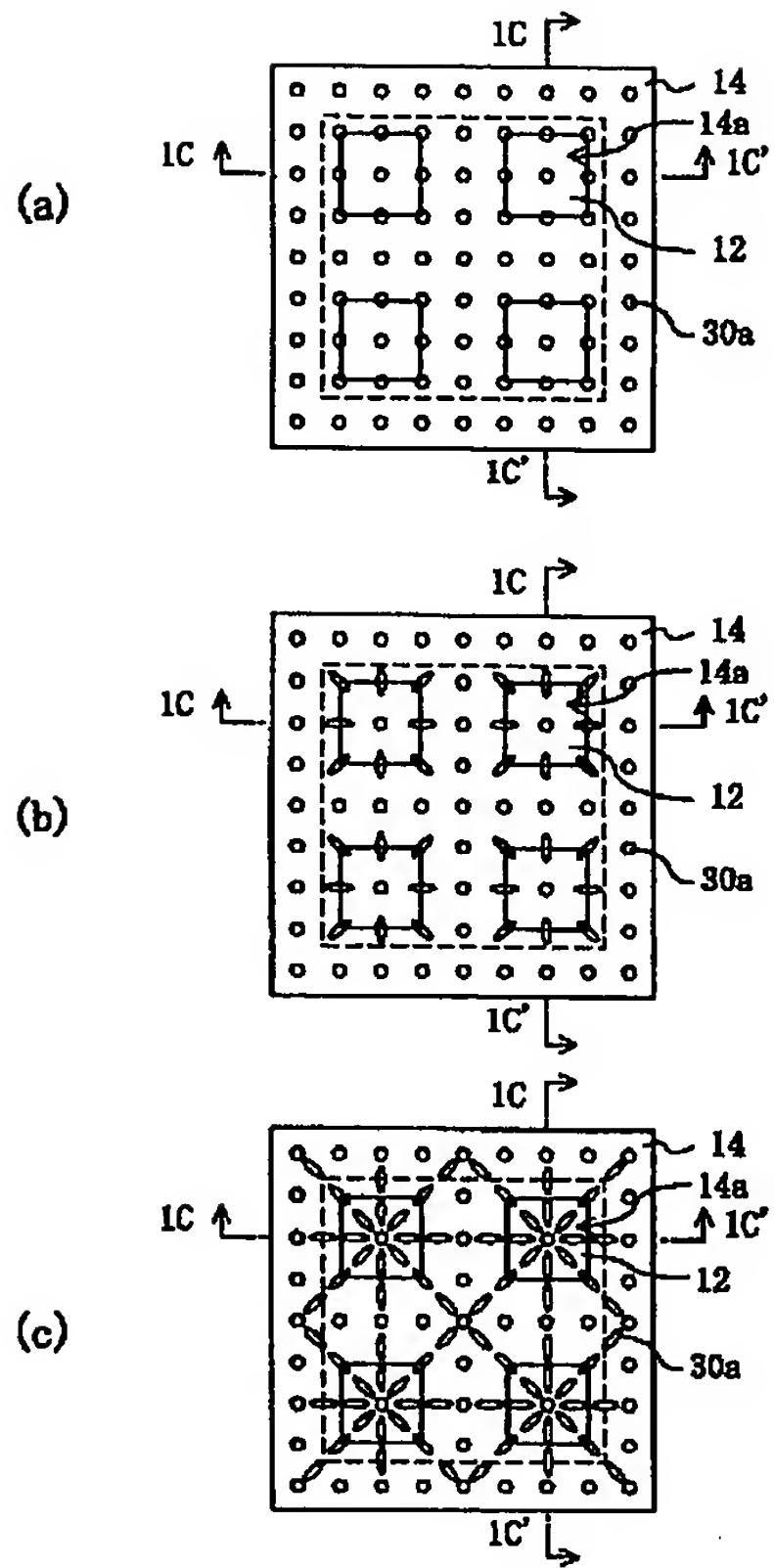
【図17】



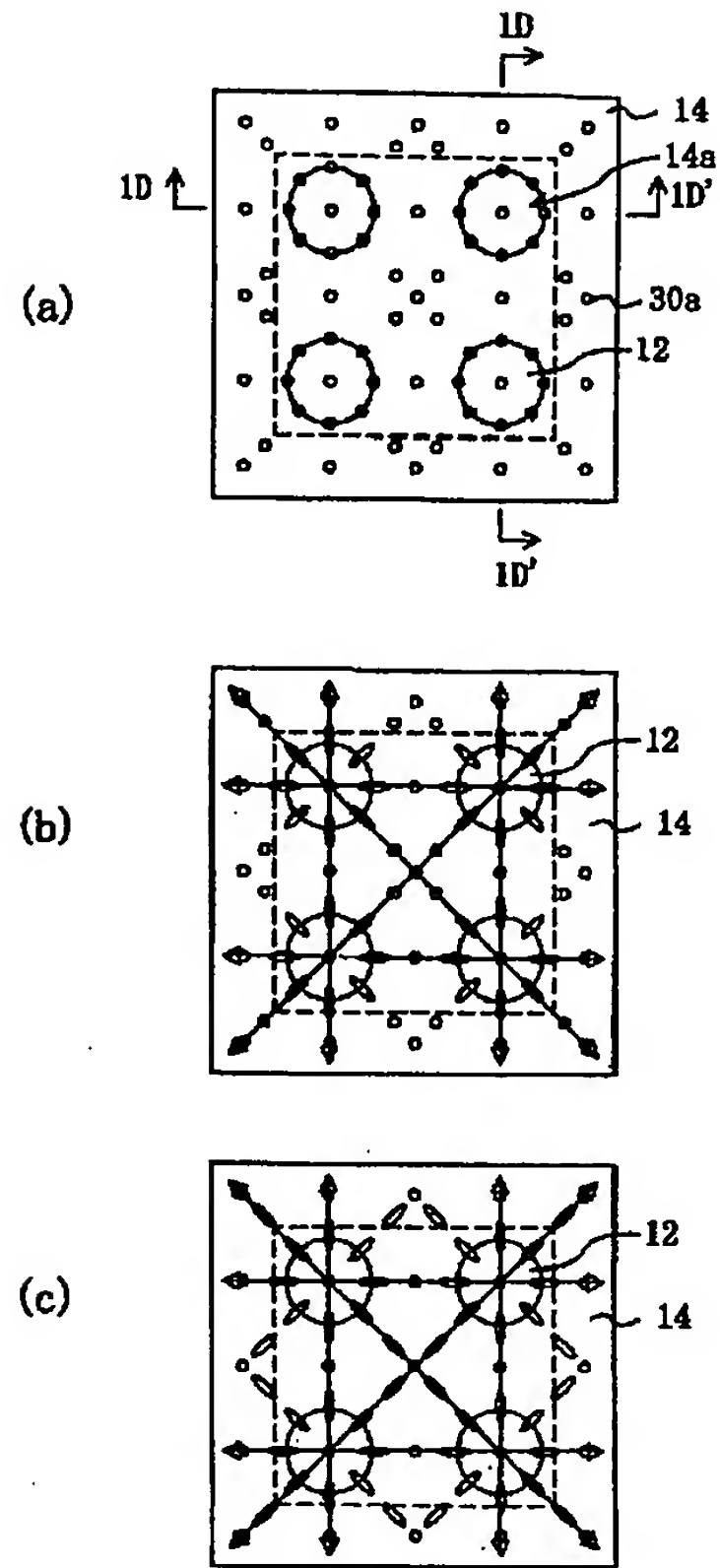
【図18】



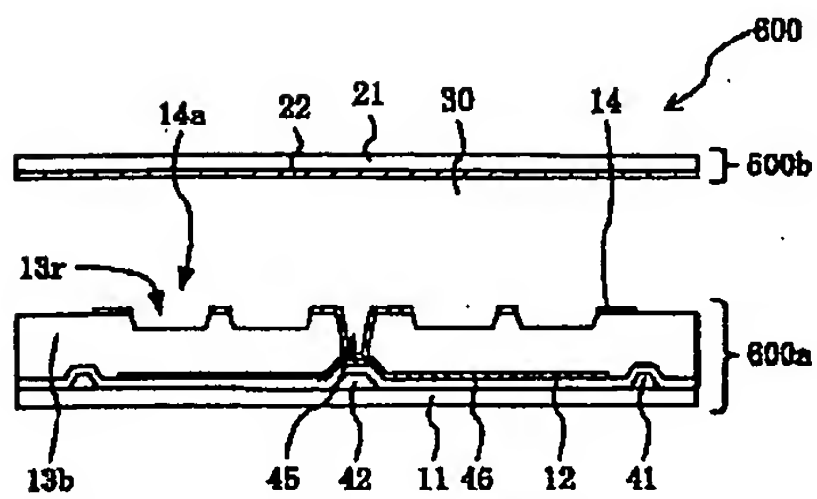
【図12】



【図13】

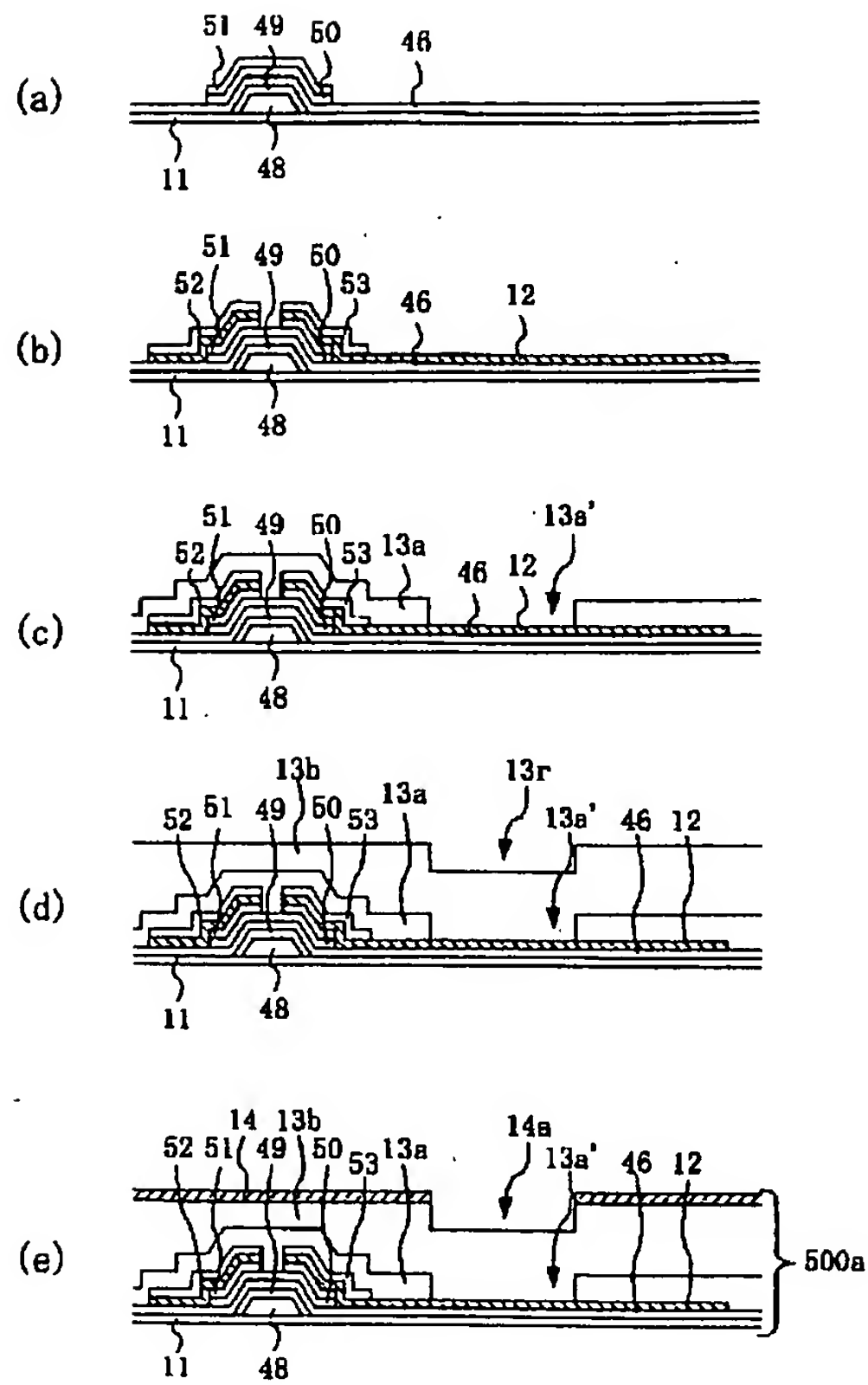


【図22】

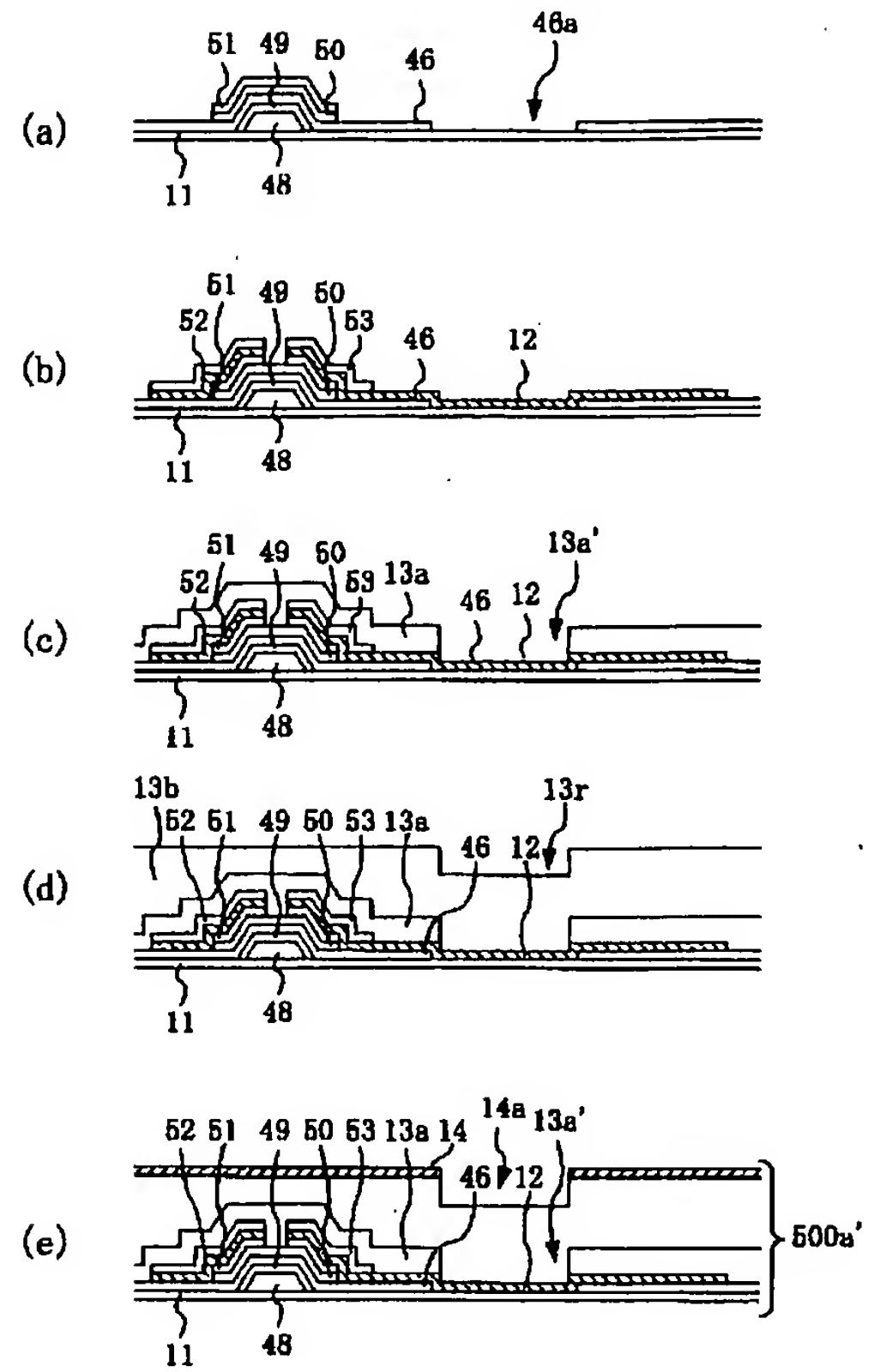




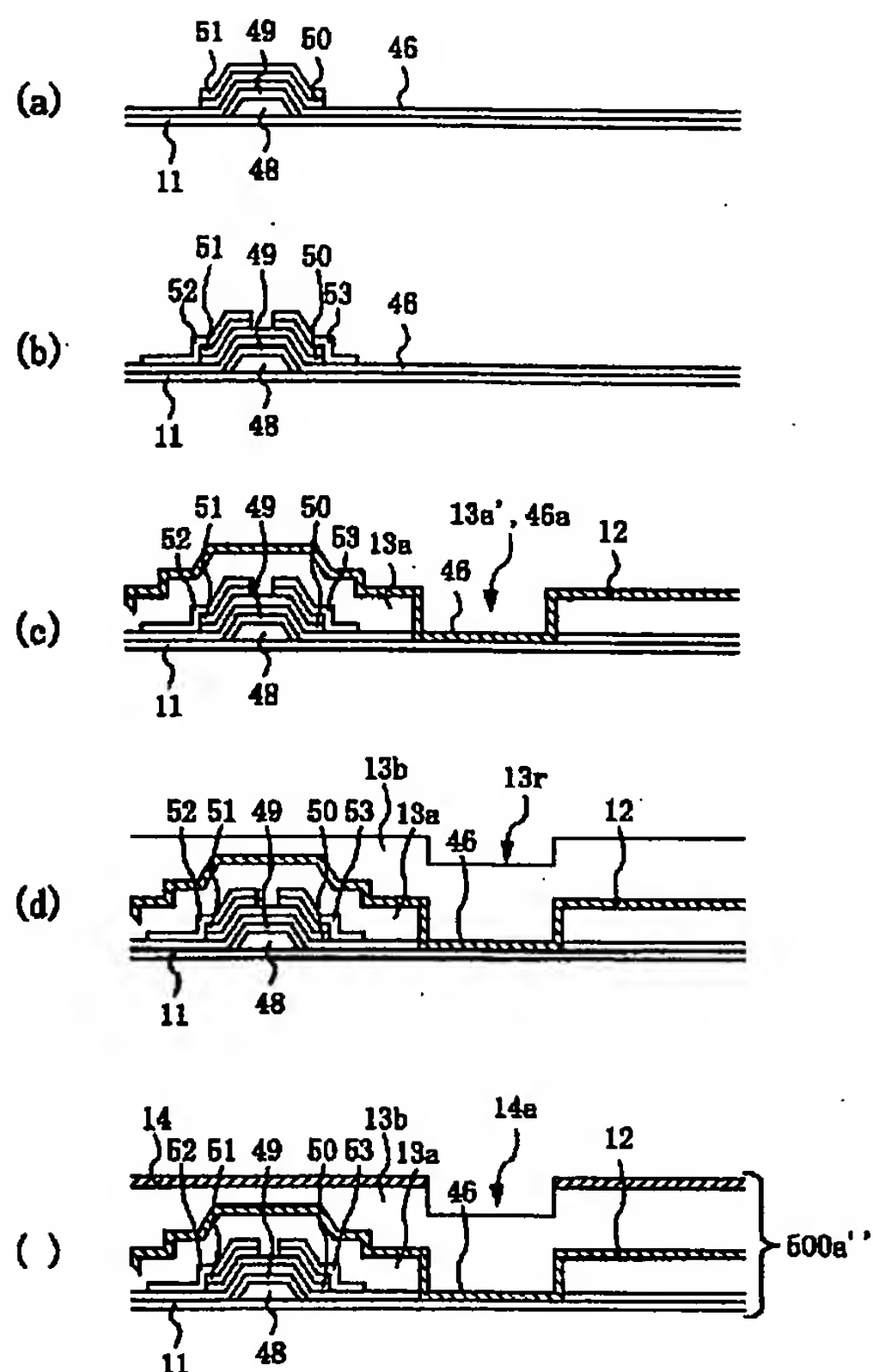
【図19】



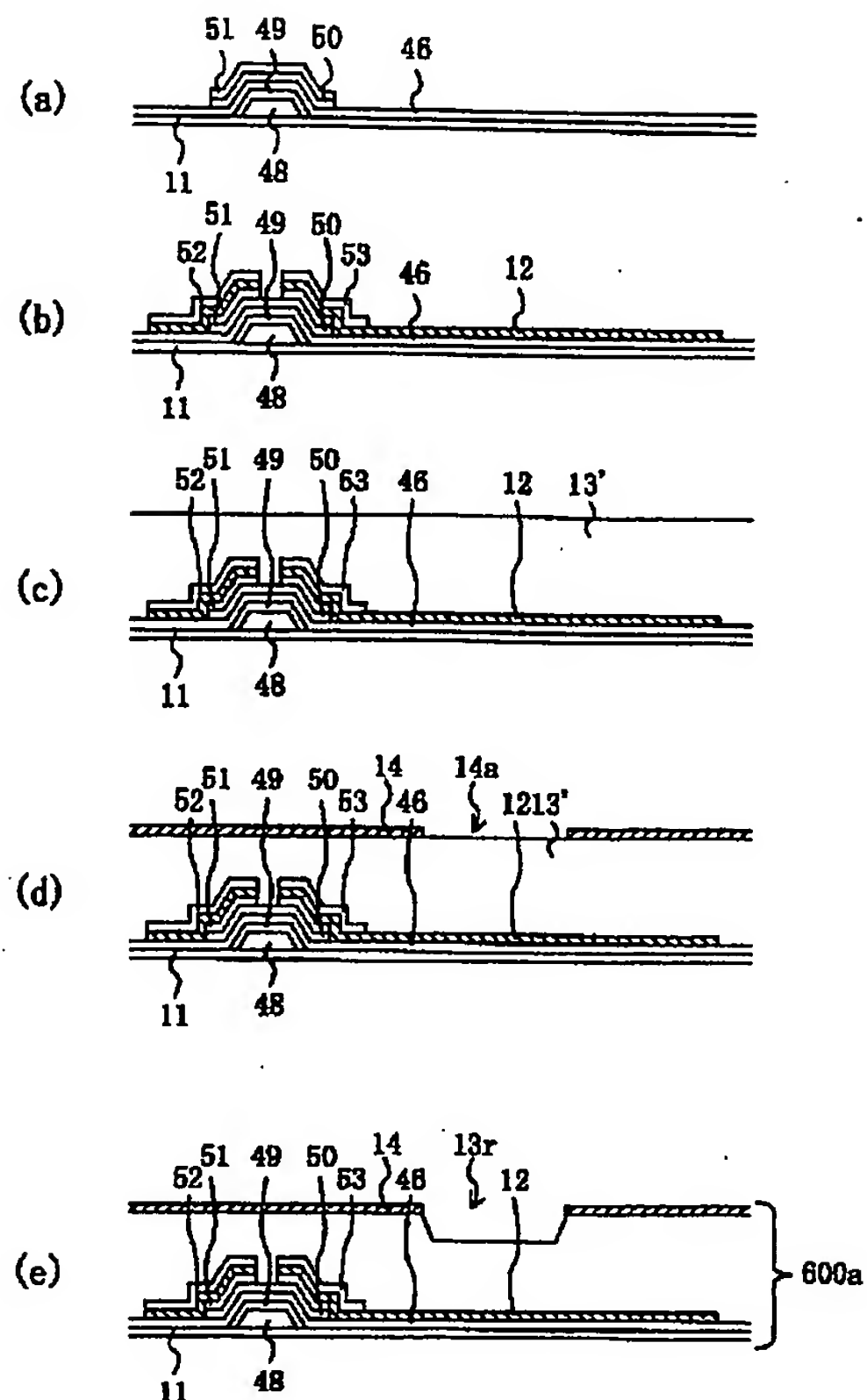
【図20】



【図21】



【図23】



フロントページの続き

(72)発明者 前川 和広  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内  
(72)発明者 越智 貴志  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

Fターム(参考) 2H090 HA04 HB07X KA04 KA18

MA01 MA06 MA13

2H092 JA26 JA29 JA35 JA38 JA42

JA44 JA47 JB13 JB23 JB32

JB33 JB38 JB51 JB57 JB63

JB69 KA05 KA07 KB14 MA05

MA08 MA14 MA15 MA16 MA18

MA19 MA20 MA27 MA35 MA37

MA41 NA04 NA25 NA27 PA02

QA06 QA18

5C094 AA24 AA42 AA43 AA46 BA03

BA43 CA19 EA04 EA05 EB02

ED02